

# RAZPRAVE PAPERS XVI

VSEBINA - CONTENTS:

	Stran
L. Žitnik: Velikost toče v odvisnosti od nekaterih obla- kovih parametrov Hail size in relation to some cloud para- meters .....	3
Z. Petkovšek: Temperature pod salonitnimi kritinami raznih barv Temperatures under roof covers of different colours .....	13
V. Stergar: Meteorološki parametri - osnova za preven- tivna škropljenja proti krompirjevi plesni Meteorological parameters - basis for preven- tive sprinkling against potato blight .....	27
C. Zrnec: Vplivi in posledice onesnaženega ozračja na vegetacijo industrijskega rajona v Zasavju v letu 1973 Influences and effects of air pollution on vegetation at industrial basin Zasavje during the year 1973 .....	37

VELIKOST TOČE V ODVISNOSTI OD NEKATERIH OBLAKOVIH PA-  
RAMETROV

HAIL SIZE IN RELATION TO SOME CLOUD PARAMETERS

551.576.11

551.578.7

LADO ŽITNIK

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

In the present paper hail size is related to the altitude of the cloud and to the top of the accumulation zone. Data were collected with radar system. In the year 1973 radar 3 MK 7 with wave length of 10 cm was used. For the study we form the following cloud parameters, viz. the first difference of the height between top of the cloud - marked  $H_V$  and height of the isotherm  $-28^\circ\text{C}$  in the free atmosphere ( $h_{28}$ ) and the second difference of the height between top of the accumulation zone ( $H_{VZ}$ ) and height of the isotherm  $-14^\circ\text{C}$ . We took three qualitative grades of intensity marking the weak hail with 0, the medium one with 1 and the strong one with 3.

At hail size up to two centimeters the most frequent hail intensity was with grade 0 and few times with grade 1. It was observed as well, that the first above mentioned parameter ( $H_V - h_{28}$ ) was diminished for 1.5 km and the second one ( $H_{VZ} - h_{14}$ ) for 2.0 km. according to the threshold value.

At hail size up to 3 cm the threshold values matched old criteria; both parameters were equal zero.

At hail size above 3 cm both threshold values of parameters were higher for 1 or 2 km. At the same days, hail intensity of grade 1 and 2 was observed.

Hail size as a function of top height of accumulation zone showed nearly linear dependance of particular thresholds for particular hail size intervals (fig. 3). With the increased values of cloud parameters the hail intensity increased as well. At values ( $H_{VZ}$ ) lower than 5 km

the hail intensity of grade 0 was observed most frequently.

Full triangles represent cases when the clouds were treated with silver iodide, they are in majority. Empty triangles represent cases with no treatment and are in minority.

The study can not prove that the silver iodide treatment of clouds was satisfactory. Used rockets attained the top height of 4 km only /1/. From this we can assume that silver iodide particles were brought to the accumulation zone only by convection. Under construction is an improved rocket with top height of 8 km. Only such one can attain - at the present distribution of shooters' locations, which are 5 km apart from each other - the appropriate height of the accumulation zone.

#### POVZETEK

Radarske meritve oblakovih parametrov, kot so višina oblaka in vrh zone največje vodnosti, smo primerjali z velikostjo in jakostjo pojavljanja toče. V posameznih enodnevnih primerih je lepo vidno, da velikost in jakost toče naraščata, če se višata vrh oblaka in vrh največje vodnosti v oblaku. V skupnem diagramu za sezono 1973 pa to velja le za spodnji prag.

#### UVOD

Poteklo je že tretje leto obrambe pred točo v severovzhodni Sloveniji. Iz leta v leto so se izboljšale posamezne meritve, kajti pri tako kompleksnem delu je potrebna vrsta sočasnih posegov, da bi bila akcija v zadostni meri uspešna. Izboljšale so se radarske meritve, hkrati pa tudi meritve toče pri posameznih strelcih. Radar 3 MK-7, ki deluje z valovno dolžino 10 cm je prirejen za meteorološke potrebe.

Strelci niso profesionalni uslužbenci obrambe, temveč so večinoma kmetovalci, ki sicer dobro spremljajo vremenske procese, nekoliko večje težave pa imajo pri zapisovanju pojavov. Strelci morajo oceniti in vpisati velikost in jakost toče. Velikost toče je razdeljena na šest razredov in sicer od 0,5 do 1 cm premera je označena z 1, od 1 do 2 cm z 2, od 2 do 3 cm z 3, od 3 do 4 cm s 4, od 4 do 5 cm s 5 in nad 5 cm s 6.

Jakost pojava toče je samo ocenjena, ker meritve še niso izdelane objektivno z ustreznimi metodami. Ocena jakosti toče vsebuje tri stopnje: slaba toča se ocenjuje z 0, toča srednje jakosti z 1 in toča močne jakosti z 2.

Položaj branjenega področja je nekako v zavetju alpskega pogorja od severozahodne smeri. To pomeni, da se pri severozahodnih prodorih hladnega zraka preliva hladen zrak najprej v višinah. Pri tem lahko sklepamo na posebno ugodno stratifikacijo za nastanek vertikalnih tokov. Ali z drugimi besedami povedano: orografske razmere povzročajo, da se spodnje plasti ozračja pred fronto še vedno segrevajo zaradi insolacije, medtem ko se višje plasti hladijo z dotokom hladnega zraka od severozahoda. Taki tako imenovani severozahodni prodori povzročajo najmočnejše nevihte in so največja nevarnost za točo na branjenem področju. Skoraj v večini primerov je pojav neviht in toče vezan na dnevni čas med 10 in 18 uro /4/, kar kaže, da je potrebna tudi insolacija za pojavljanje močnejših vertikalnih tokov.

#### OBRAVNAVA MERITEV

V primerih prodorov hladnega zraka od severozahoda opazimo celo zbirko nevihtnih oblakov, ki se močno razlikujejo po razsežnostih ter po jakosti in velikosti pojavljanja toče. Za primer navajamo meritve oblakovih parametrov ter pojavljanje toče dne 29.6.1973 (sl. 1). Velikost toče se pojavlja v razredih od 1 do 5, prav tako jakost med 0 in 2. Vrhovi oblakov kot tudi vrhovi zone akumulacije (največje vodnosti) prav tako obsegajo različen razpon, tudi po 5 km. Pri drugih vremenskih situacijah razlike niso tako velike, vendar so še vedno takšne, da spričo majhnega števila meritev ne bi bila uspešna primerjava bodisi po mesecih ali po tipičnih vremenskih situacijah. Poiskati moramo enoten kriterij za vsako meritve ne glede na čas in vremenski položaj.

Poizkušali bomo dobiti zvezo med radarskimi meritvami oblakovih parametrov in oceno temperaturnih razmer v prosti atmosferi na eni strani ter pojavom toče, ocenjene z jakostjo in velikostjo, na drugi strani. Ocena temperaturne stratifikacije je dana za vsak dan akcije; kolikor so bila odstopanja od realnih vrednosti, je bila naslednji dan stratifikacija popravljena. Služi za oceno vertikalnih hitrosti ter za določitev izoterm -14 in -28.

Od oblakovih parametrov smo upoštevali višino vrhov oblakov in višino maksimalnega odboja radarskih valov. Seveda je višina oblakov,

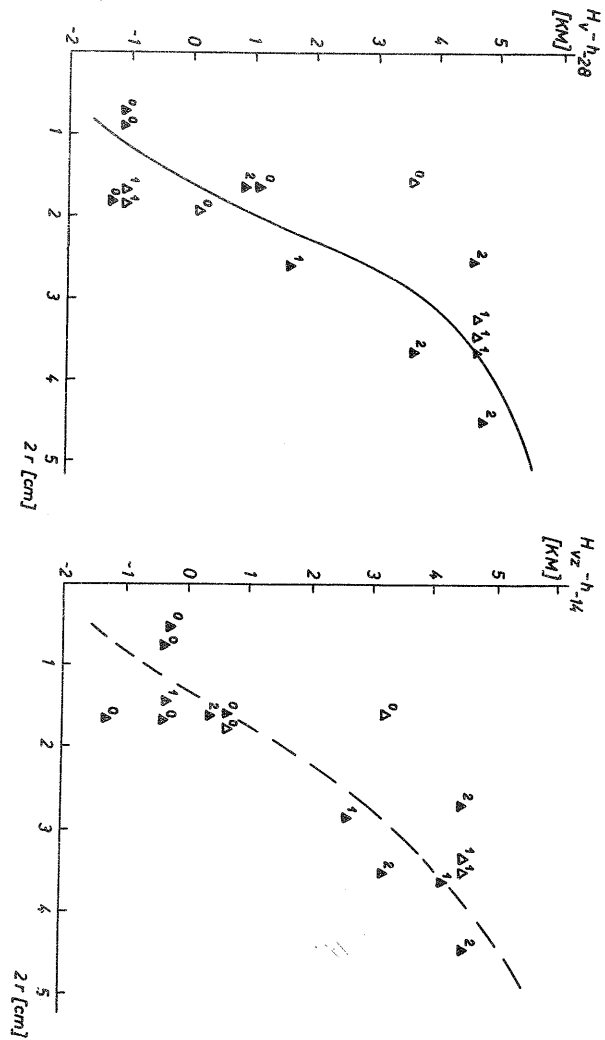
merjena z radarjem, nižja od optične višine oblakov. Pri maksimalnem odboju nas zanima vrh zone maksimalnega odboja, ki je zgornja meja največje vodnosti v oblaku. Po mišljenju tako ruskih /3/ kot ameriških /2/ strokovnjakov je v zoni akumulacije nastanek zametkov toče, ki se potem razvijejo v vedno večja zrna zaradi večkratnega kroženja v področju največje vodnosti v oblaku.

Akcija obrambe proti toči poteka tako, da se izstrelijo raketa polnjena s srebrovim jodidom v oblak, katerega vrh doseže izoterma  $-28$  in vrh zone akumulacije  $-14^{\circ}\text{C}$ . Število raket se določi na osnovi ocene volumna akumulacije. So še drugi kriteriji, ki jih uporabljamo za določitev kritičnega stanja nevihtnega oblaka, vendar nas zdaj zanimata le omenjena dva.

Da dosežemo kolikor toliko enoten kriterij za vse primere, določamo odvisnost med razliko višin vrhov oblakov, izmerjenih z radarjem, in višino izoterme  $-28$ . To lahko storimo grafično (sl. 2). Enako poiščemo razliko višin vrhov zone akumulacije in izoterme  $-14$  (sl. 2). Ker želimo primerjati zgoraj določene razlike z velikostjo pojavljajočih se točnih zrn, nanašamo na graf velikost zrn. Primere, ko smo intervenirali s streljanjem s srebrovim jodidom polnjenih raket, označimo s polnim trikotnikom, medtem ko primere, ko se je pojavljala toča, pa nismo ustrezno intervenirali, označimo s praznim trikotnikom. Vsak primer toče je še označen z ustrežno jakostjo, ki jo označujejo številke od 0 do 2.

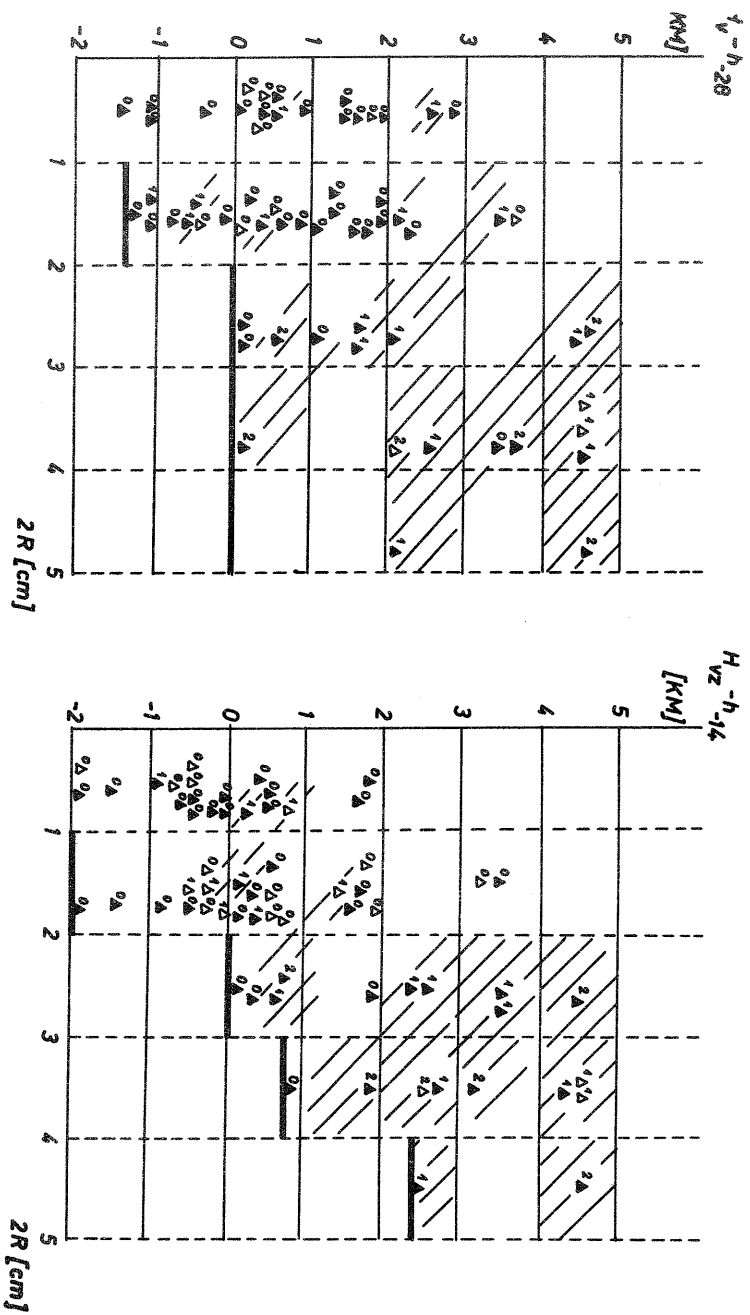
Oglejmo si grafikon za dan 29.6.1973 (sl. 1), ki nam pove, kakšna je odvisnost  $H_V-h_{-28}$  od premera toče. Vidimo, da nastaja toča premera do 2 cm pri pogoju, ko je vrednost  $H_V-h_{-28}$  manjša od 0 (je približno  $-1$ ), to je za 1 km nižja od splošnega kriterija. Pri velikosti premera toče nad 2 cm se krivulja odvisnosti naglo vzpenja in je večina podatkov 3,5 km nad ničelnim nivojem. Podoben potek za 29.6.1973 da diagram  $H_{VZ}-h_{-14}$  s tem, da je do velikosti 2 cm star kriterij, ki je podan z ničelnim nivojem, razmeroma dober, nad premerom 2 cm pa se krivulja naglo dvigne. Pri velikosti zrn med 3 in 5 cm ni bistvene razlike v vrednosti  $H_{VZ}-h_{-14}$ .

Cel spekter oblakov, ki se pojavljajo v posameznih primerih prehodov front, lahko zdaj obravnavamo na ta način, da primere s pojavom toče obravnavamo skupaj (sl. 2). V diagramu imamo vse primere za leto 1973 skupaj. Na podlagi diagrama pridemo do naslednjih zaključkov: pri pojavu toče do premera 2 cm se jakost toče pojavlja največkrat z oceno 0, nekajkrat z oceno 1. Velja tudi, da je prag  $H_V-h_{-28}$  znižan do  $-1,5$  km. Pri velikosti premera toče do 3 cm, se prag ujema s starim kriterijem, torej je  $H_V-h_{-28}$  enak 0. Taka toča lahko velja za izrazito, saj se pojavlja največkrat z ja-



Sl. 1 Razporeditev velikosti toče za dan 29.6.1973 z ozirom na  $H_V-h_{-28}$  in  $H_{VZ}-h_{-14}$ . ( $H_V$  je vrh oblake,  $h_{-28}$  je višina  $-28$  izoterme v prosti atmosferi,  $H_{VZ}$  je višina vrha zone akumulacije,  $h_{-14}$  je višina  $-14$  izoterme,  $Zr$  je velikost toče v cm; številke 0, 1, 2 nad trikotnikom pomenijo stopnjo za jakost pojavnosti toče). Vse višine se nanašajo na višino radarja, ki je 0,4 km nadmorske višine.

Fig. 1 Hail size distribution on 29 June 1973 according to parameters ( $H_V-h_{-28}$ ) and ( $H_{VZ}-h_{-14}$ ). Symbols have the following meanings:  $H_V$  - height of cloud top,  $h_{-28}$  - height of isotherm  $-28^{\circ}\text{C}$  in the free atmosphere,  $H_{VZ}$  - height of top accumulation zone,  $h_{-14}$  - height of isotherm  $-14^{\circ}\text{C}$ ,  $Zr$  - hail size in centimeters, numbers 0, 1, 2 above triangle are the hail intensity. All heights are according to radar height which is 0,4 km above MSL.



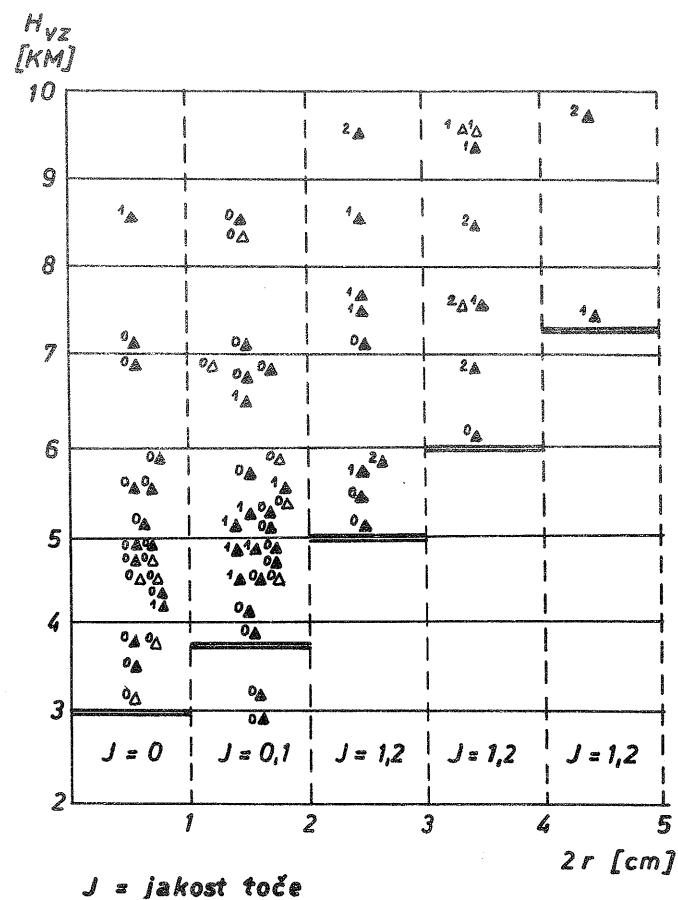
Slika 2 Razporeditev velikosti toče za sezono 1973 z ozirom na  $H_{VZ-h-28}$  in  $H_{VZ-h-14}$ . Oznake kot pri sliki 1.

Fig. 2 Hail size distribution for the season 1973 according to parameters ( $H_{VZ-h-28}$ ) and ( $H_{VZ-h-14}$ ). Symbols have the same meanings as in fig. 1.

kostjo 1. Prag se pri toči premera 4 ali 5 cm še naprej dviga in je največkrat 2 km nad ničelno vrednostjo parametrov na vertikalni koordinati in poprečno jakostjo pojava nad 1 in 2. Višina posameznih razredov z ozirom na premer toče tvori visok stolpec tudi do 4 km.

Pri obravnavanju celotnega spektra pri koordinatah  $H_{VZ-h-14}$  se pokaže, da je prag vrednosti vertikalnih koordinat pri premeru toče do 2 cm in jakosti pojavljanja toče med 0 in 1 znižan skoraj za 2 km. Pri premeru toče do 3 cm je prag izenačen s starim kriterijem, torej je  $H_{VZ-h-14}$  enak nič. V tem intervalu se jakost toče pojavlja med 1 in 2. Pri premeru do 4 ali 5 cm in jakosti pojavljanja 1 do 2 velja, da je  $H_{VZ-h-14}$  za 1 do 2 km iznad starega kriterija.

Če si ogleđamo sliko 3, ki podaja odvisnost velikosti točinih zrn od višine zone akumulacije, vidimo, da spodnji prag vrha zone akumulacije skoraj linearno narašča v odvisnosti od velikosti toče. Namreč pri samih akcijah je ugotovljeno, da so stari kriteriji zelo zanesljivi, da pa se z večjo višino vrha zone akumulacije pojavlja toča z večjim premerom. Hkrati narašča jakost toče, saj se pod 5 km višine pojavlja jakost toče največkrat z oznako 0. Nad 5 km višine vrha zone akumulacije se tudi pri toči do premera 2 cm že večkrat pojavlja jakost 1. Polni trikotniki na sliki kažejo, da je bila intervencija v večini primerov; prazni trikotniki, ko ni bilo intervencije, so v manjšini. Razlage za gornji del slike, ki prikazuje višino vrha zone akumulacije pri pojavljanju toče do 2 cm in jakostjo 0 ali 1, so različne. Vemo, da ima velikost toče, kot naravni pojav svojo porazdelitev, tako lahko zajame merilno mesto le del te porazdelitve, ki ni v bližini srednje vrednosti za določeni nevihtni pojav /3/. Posledico dovajanja srebrovega jodida v nevihtni oblak si lahko razlagamo pri uspešni intervenciji kot zmanjšanje velikosti zrn pri velikih višinah  $H_{VZ}$ , medtem ko je lahko pri višinah pod 4 km intervencija tudi vzrok za pojavljanje slabe toče. Rake te so imele v letu 1973 na branjenem področju do met okoli 4 km, kar lahko služi po grobi oceni le v tretjini primerov za direktno dovajanje v zono akumulacije. V preostalih dveh tretjinah primerov je zona akumulacije precej višja /1/. Po oceni ameriških meteorologov /2/ je dovajanje srebrovega jodida smiselno le v zono akumulacije, s čimer se strinjajo tudi ruski strokovnjaki; obstaja še možnost dovajanja v spodnji del oblaka, da vertikalni tok zanese delce v zono akumulacije. V področju največjih hitrosti se pojavlja izmetavanje kapljic, zato dovajanje delcev srebrovega jodida v to področje ni uspešno /2/.



Slika 3 Razporeditev velikosti toče za sezono 1973 z ozirom na vrh zone akumulacije  $H_{vz}$ . Oznake so razvidne iz slike 1.  $J = 1, 2$  pomeni, da se pojavlja toča jakosti 1 ali 2.

Fig. 3 Hail size distribution for the season 1973 according to the height of accumulation zone. Symbols have the same meanings as on fig. 1.

#### ZAKLJUČKI

Kratka obravnava velikosti toče v odvisnosti od oblakovih parametrov, kot sta višina vrha oblaka in vrha zone akumulacije, pokaže nesporno, da je zlasti višina vrha zone akumulacije ali področje največje vodnosti v oblaku eden izmed najpomembnejših pogojev za nastanek toče. Odstopanje od te vrednosti navzgor pomeni pojavljanje še večjih točinih zrn. Že na osnovi teh enostavnih meritev lahko sklenemo,

da bi bile potrebne rakete z večjim dometom. Iz diagrama pa ni razvidna uspešnost intervencije, saj so polni in prazni trikotniki razporejeni brez neke zakonitosti. Čeprav so polni trikotniki v večini, je zlasti iz primera dne 29.6.1973 razvidno, da je v glavnem velikost toče odvisna od vrednosti  $H_v-h_{28}$  in  $H_{vz}-h_{14}$ . V letu 1973 so imele rakete domet le okoli 4 km. Potrebne bi bile torej rakete z dometom od 6 do 8 km; te bi lahko uporabili tako, da bi izbirali takšno pot rakete, da bi trosila v izmerjeni zoni akumulacije, saj so že zdaj strelci razporejeni v razdalji po 5 km. Taka rešitev bi bila morda v tej fazi razvoja boljša kot pa rakete, ki bi bile tempirane, ne bi pa dosegale zadovoljive višine.

#### LITERATURA

- /1/ Pristov J., Žitnik L.: Poročilo o obrambi pred točo v Sloveniji za leto 1973. Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana 1973.
- /2/ Griffith M., Morgan J.R.: On the Growth of Large Hail, Monthly Weather Review, No. 3, Vol. 100, 1973.
- /3/ Abšaev M.T., Bibilašvili N.Š.: Radiolokacionij metod opredelenija spektra i koncentraciji gradin v konvektivnih oblakah. Mehanizm obrazovanja i vipadenija grada, Leningrad 1966.
- /4/ Pristov J.: Poizkusna obramba pred točo v Sloveniji. Razprave Papers XV, Ljubljana 1973.

TEMPERATURE POD SALONITNIMI KRITINAMI RAZNIH BARV

TEMPERATURES UNDER ROOF COVERS OF DIFFERENT  
COLOURS

551.521.14

551.584.6

ZDRAVKO PETKOVŠEK

Katedra za meteorologijo FNT, Ljubljana

#### SUMMARY

Different coloured roof cover plates made of asbest concrete were exposed horizontally in summer Mediterranean weather conditions and the temperatures under the plates were measured with the precise mercury thermometers for two weeks. The colours of plates were: natural light grey, light red, dark red and black. With the exception of one morning the sky was cloudless but the wind and measurements conditions were different. The results are shown on four figures presenting five chosen days but corresponding measurement conditions can be seen on table 1.

The highest temperatures and temperature differences among plates were found in calm days (fig. 1) when the plates were situated on mineral wool and the bulbs of thermometers were joined to the plates by plaster. The maximum temperature under the black plate was  $56^{\circ}\text{C}$ , that is nearly  $35^{\circ}\text{C}$  higher than air temperature and  $14.5^{\circ}\text{C}$  higher than the value under the light grey plate. The smallest daily values and differences were found in a clear day with bora wind (fig. 4) when the plates were situated on wooden sticks and the bulbs were 2 mm apart from plates.

From the ballance equation and some suppositions the unknown albedo values of both red plates were calculated. Further the equation for temperature changes of the air in the room under insulated roof was developed. Under supposition that all heat inflow is used for heating room's air and by 10 cm thick insulation of mineral wool, under grey roof cover the temperature changes can reach  $5^{\circ}\text{C/h}$ . In comparisons with conditions under other coloured roofs, the temperature changes and heating intensities increased as seen on the table 2. Approximately the same factors may be used for

assessment of necessary ventilating or cooling capacity and there costs.

#### POVZETEK

Plošče naravne in različno pobarvane kritine azbestnega cementa (salonita) so bile položene horizontalno na različne podlage z različno možnostjo ventilacije. Iz dvotedenskih temperaturnih meritev pod ploščami so izbrani in prikazani značilni primeri za pet dni z različnimi vremenskimi in merskimi pogoji. Podan je algoritm za določitev albeda plošč ter enačba za ocenitev vpliva barve kritine na temperaturne razmere v izoliranih prostorih pod njo pri različnih barvah.

#### UVOD

Eden glavnih namenov stavb je, da nudijo v svojih notranjih prostorih primerne pogoje za življenje in delo ljudi. Z modernimi klimatskimi napravami je primerne pogoje mogoče ustvariti skoraj v vsakem zaprtem prostoru; toda stroški za to so lahko zelo različni in so močno odvisni od zunanjih pogojev in od karakteristik stavbe. V času, ko postaja energija vse bolj dragocena, je potrebno maksimalno izkoristiti zunanje pogoje ter materiale in sisteme tako, da bi se že brez dodatnih posegov čim bolj približali primernim notranjim razmeram.

Posebno pri nizkih zgradbah je eden najvažnejših prehodnih področij med zunanjimi in notranjimi pogoji streha; zato so njena konstrukcija, vrsta, nagib in tudi barva faktorji, ki lahko znatno prispevajo k dosegu optimalnih notranjih pogojev ob minimalnih stroških vzdrževanja ali celo brez njih. V tem delu si bomo ogledali, koliko vpliva barva zunanje strešne površine na stanje pod njo. Nekaj podobnih raziskav je bilo izvedenih /1-4/, tu pa bodo podani rezultati temperaturnih meritev pod salonitnimi kritinami raznih barv ob različnih vetrovnih in izolacijskih pogojih ter v času, ko je za doseg ugodnih pogojev potrebno toplotni tok skozi streho čim bolj zmanjšati.

Ugotovitve bodo predvsem koristne za naše primorske predele, kjer je sončno obsevanje poleti izredno izdatno. To pogosto privede do neugodno visokih temperatur, posebno v pritličnih zgradbah in v prostorih neposredno pod streho, četudi je ta izolirana. Pri tem je

posebno odločilna ugotovitev /1/, da je znižanje temperature v prostoru poleti za 1° C petkrat dražje, kot enako zvišanje pozimi. Zato je opaziti v svetu splošno težnjo po prehodu na svetlejša materiala strešnih površin.

#### MERITEV

Merili smo v mesecu avgustu 1973 na otoku Pagu, ko je bilo nebo vse dni skoraj popolnoma jasno. Večinoma je bilo vreme mirno s šibkimi obalnimi vetrovi, dvakrat pa je tudi pihala burja, kar nam omogoča ugotavljanje vpliva močnejšega vetra.

Osnovni merski objekt so bile štiri raznobarvne salonitne plošče valovite kritine velikosti 25 x 20 cm. Salonit, to je azbestni cement (proizvodnje Anhovo) je bil debeline 5,5 mm, gostote 1800 kg/m<sup>3</sup> in toplotne prevodnosti 0,2 kcal/m st h. Valovna dolžina valov na ploščah je bila 13 cm in amplituda 27 mm. Plošče so bile položene horizontalno, 30 cm nad tlemi in orientirane tako, da so bili valovi paralelni smeri E-W. Ožja lokacija je bil peščeno-travnati plato 10 m od obale, ki poteka v smeri N-S, plato pa je tri metre nad morskim nivojem. Okolišnji objekti (hrib, stavba in drevje) so ustvarili pogoje, da je sonce lahko nemoteno obsevalo plošče med 11 in 17 uro, v preostalem dnevnem času pa je vplivala predvsem le difuzna svetloba. Plošče so bile najprej položene na redko lesen mrežo, pozneje pa na mineralno volno debeline 8 cm zaradi ugotavljanja razlik vsled ventilacije.

Od štirih izpostavljenih plošč je bila prva naravne barve korugirane azbestnega cementa - to je svetlo siva z albedom okrog 0,6 /1,5/; druga je bila pobarvana z živo rdečim tesarol emajlom, tretja je bila temno rdeča (mešanica rdeče, bele in črne), četrta pa pobarvana s črnim tesarol emajlom, ki daje rahel lesk in je bil albedo po oceni okrog 0,05.

Temperature pod ploščami so bile merjene z dolgimi živosrebrnimi termometri s skalo od 0-100° C in z natančnostjo skale 1/10° C. Termometri so bili pritrjeni paralelno pod srednji val vsake plošče tako, da je bila podolgasta bučka 2 mm odmaknjena od plošče, pri nekaterih meritvah pa k plošči zalita z gipsno malto. Za tovrstne meritve so se izkazali živosrebrni termometri z večjo časovno konstanto boljši kot termistorski, na katere preveč vpliva mikroturbulenca zraka, ki nas tu ne zanima.

Za kontinuirane vspeoredne podatke o temperaturi in vlagi zraka so



skrbeli termohigrograf in kontrolni ter ekstremni termometri, ki so bili v primernem zaklonu ca. 8 m vstran od izpostavljenih salo-nitnih plošč. Hkrati s temperaturnimi vrednostmi posameznih termometrov so bili beleženi važni vremenski parametri: oblačnost (ki je nastopila le enkrat), veter in drugi pojavi, ki bi lahko vplivali na merjene vrednosti.

## REZULTATI

Iz obdobja štirinajstdnevni meritev smo izbrali pet značilnih dni, meritve v njih pa so podane na slikah 1 - 4. Z njimi so zajete razne kombinacije vremenskih in postavljenih merskih pogojev, kot so razvidne iz tabele 1.

Tabela 1 Merski in vremenski pogoji ob posameznih prezentiranih dneh.

Table 1 Measurement- and wind-conditions in represented days. (Conditions: undernith free, bulbs free, strong wind)

Dan	Pogoj	spodaj odprto	bučke proste	močan veter	Slika
18. 8. 1973		-	-	-	1
13. 8. 1973		-	-	+	2
11. 8. 1973		-	+	-	3
9. 8. 1973		+	+	-	4
8. 8. 1973		+	+	+	4

Kot je razvidno iz tabele je kronološki red obrnjen zaradi lažje in nazornejše prezentacije rezultatov.

Slika 1 kaže torej rezultate meritev v popolnoma jasnem in mirnem vremenu, ko so bile plošče položene na mineralno volno, bučke termometrov pa z gipsno malto spojene s ploščami. Nočnih meritev ta dan ni bilo - temperatur ni bilo mogoče odčitati, ker je bil spodnji del skale s ploščo pokrit za vrednosti pod 18° C. Takoj ob svitu - že ob rahli difuzni svetlobi se je ustvarila normalna dnevna razporeditev pri čemer je imela najvišjo temperaturo črna in najnižjo siva plošča, čeprav so bile še vse vrednosti nižje od temperature zraka. Meritve v času med 8<sup>30</sup> in 10<sup>30</sup>, ko je s plošč postopno in zaporedno izginjala senca stavbe, za primerjavo med ploščami niso uporabne vse dokler niso vse plošče nekaj časa nemoteno obsevane.

Ob 11<sup>30</sup> vidimo na sliki 1 značilno in obenem največjo izmerjeno razliko v temperaturi pod posameznimi ploščami. Razlika med črno in sivo znaša 14,5° C pri čemer temperatura pod črno ploščo presega 56° C in je skoraj za 35° C višja od temperature zraka. Ob sorazmerno majhnem nihanju, ki je predvsem posledica stalnega, čeprav komaj zaznavnega gibanja zraka, ostanejo temperature do 16 ure dokaj visoke, nakar močno padejo. Takoj po sončnem zahodu, pa se že tudi obrne predznak temperaturnih diferenc ter je temperatura pod najsvetlejšo ploščo - čeprav le neznatno - višja od temperature pod črno.

Podnevi v času med 7 in 17 uro vidimo značilno in dokaj vzporedno temperaturno razporeditev. Najvišje so temperature pod črno ploščo, ki absorbira največ globalnega sevanja in najnižje pod svetlo sivo, ki največ nanjo vpadlega sevanja odbije. Razlike so največje okrog temperaturnega maksima plošč (ne pa zraka), čeprav fluktuacije ne izostanejo in so v absolutnih vrednostih in diferencah posledica turbulence in gibanja zraka okrog plošč. Ravne črte - zveznice med posameznimi izmerjenimi vrednostmi na slikah seveda ne kažejo pravega temperaturnega poteka in so vrisane zaradi nazornosti.

Temperatura zraka ima ta dan, kot v drugih dneh z jasnim nebom značilen dnevni potek z minimom tik pred sončnim vzhodom. Maksimum je glede na "normalne" pogoje pomaknjen za dve uri - na 16 uro ali celo v čas za njo. To je verjetno posledica obalnih vetrov: šele ko morski vetrič oslabi in preneha z dovodom zraka iznad relativno hladnega morja (s temp. okrog 24° C) se vpliv ogrelih tal najmočnejše kaže v temperaturi zraka 2 m nad tlemi; čeprav temperatura tal tedaj že pada.

Glede na približno konstantno absolutno vlago, je potek relativne vlage vse dni približno zrcalna slika temperaturnega poteka in njegove vrednosti nihajo med 50 in 75% ter nimajo odločilnega vpliva na merjene temperature.

Slika 2 zajema analogne pogoje meritev (plošče na mineralni volni, bučke zagipsane), le da je v prvi polovici dneva pihala zmerna burja in je bilo nebo delno oblačno. Očitno sta oblačnost in veter preprečila znižanje temperatur plošč in zraka ponoči in močnejši dvig temperatur dopoldne. Šele ko je veter oslabil in se je zjasnilo, so se temperaturne vrednosti približale vrednostim s prejšnje slike 1 in zvečer spet močno padle.

Pogoji na sliki 3 so podobni tistim, ki veljajo za sliko 1, toda ker tu bučke termometrov niso prigipsane k ploščam, ampak od njih

2 mm odmaknjene, so pod njimi merjene temperature bolj odvisne od gibanja zraka. Ob pojavu obalnih vetrov in izdatnejši ventilaciji se temperature znižajo oziroma se ne dvignejo do ekstremnih vrednosti, čeprav so visoke. Ponoči pa so temperature pod ploščami zaradi sevanja v mirnem zraku močno nižje od zunanje temperature zraka, ki ima tudi tu svoj značilni dnevni potek.

Še močnejši je vpliv gibanja zraka pri pogojih, ko so plošče položene na leseno mrežo in torej niso spodaj zaščitene z mineralno volno - slika 4. Prvi dan (8.8.) v času močne burje se podnevi temperature pod ploščami, ki so sedaj tudi s spodnje strani dobro ventilirane, znatno manj (vendar ne zanemarljivo) dvignejo nad temperaturo zraka. Ob začasnem prenehanju burje se zvečer in deloma ponoči (med 18 in 22 uro) temperature pod ploščami spuste pod temperaturo zraka, toda se z njo izenačijo, ko se burja spet pojavi. Ob slabšem vetru naslednjega dne (9.8.) se temperature dvignejo višje, vendar zaradi proste ventilacije pod ploščami, še zdaleč ne tako visoko kot npr. pri podobnem vetru, a z izolacijo - slika 2.

Iz podanih primerov vidimo, koliko in kako se temperature pod ploščami različnih barv razlikujejo med seboj in od temperature zraka ter kako velik vpliv ima na te vrednosti veter v odvisnosti od tega, koliko mu je dana možnost delovanja tudi pod ploščami.

#### IZVAJANJA IN SKLEP

Izmerjene vrednosti nam lahko služijo za oceno temperaturnih razmer, ki bi vladale v prostorih pod strehami različnih barv. Razlike pod ploščami znašajo podnevi skoraj  $15^{\circ}$ , vse vrednosti pa so precej višje od temperatur zraka, ki so že same precej nad vrednostmi, ki so za ljudi ugodne. Zato je vsako dodatno ogrevanje posebno v prostorih, kjer je močnejša ventilacija zaradi prepiha neugodna, nezaželeno in ga je treba preprečiti. S primerno izolacijo pod kritino, s primerno konstrukcijo strehe in s primernim sistemom prezračevanja je mogoče vplivati na znižanje temperature notranje stropne površine - to je tiste, ki končno neposredno ogreva zrak in neposredno seva (v dolgovalovnem spektru) in bistveno odloča o temperaturah in počutju ljudi v prostoru. Izračunali bomo, kakšni so ti vplivi, toda prej še določimo približna albeda rdečih dveh plošč.

Energijska bilanca je tu v približku vsota vpadle svetlobe  $Q$ , čiste izgube zaradi sevanja  $R$  in s turbulenco odvedene ali dovedene toplote  $\phi$ . Ker je ob temperaturnem maksimumu toplotna bilanca plošč

enaka nič  $/2/$ , lahko z dopolnitvijo zapišemo:

$$0 = Q(1-A) - (R(T) + \phi(T)) \quad (1)$$

Pri čemer je  $A$  albedo,  $R$  rezultanta sevanja in protisevanja atmosfere in  $T$  temperatura. Postavimo v približku, da je vpliv protisevanja preprosto zajet s faktorjem 0,4 in je po Stefanovem zakonu:

$$R = 0,4 \sigma T^4 \quad (2)$$

Pri tem odvod toplote navzdol skozi izolacijo zanemarimo.

Ob postavki  $Q = 1 \text{ ly/min}$  je ob znanih albedih za sivo in črno ploščo, mogoče dobiti  $\phi(T)$  neposredno iz gornje enačbe. Upoštevajoč še to, da je:

$$\phi(T) = 0 \quad \text{za} \quad T = T_{\text{zraka}} \quad (3)$$

imamo tri vrednosti, iz katerih je preprosto grafično mogoče dobiti približno razporeditev  $\phi = \phi(T)$  in iz nje  $\phi$  za obe rdeči plošči z nepoznanim albedom, a znano temperaturo. Iz enačbe (1) sledi:

$$A = 1 - \frac{1}{Q} (R(T) + \phi(T)) \quad (4)$$

kar nam za naše izmerjene vrednosti temperature ob maksimumu da vrednosti albeda, ki sta 0,5 za svetlo rdečo in 0,3 za temno rdečo ploščo.

Na osnovi znanih temperatur neposredno pod kritino, lahko izračunamo tok toplote skozi strešno izolacijo navzdol in njegove posledice. Jakost toplotnega toka je dana z enačbo:

$$\frac{dQ}{dt} = S \lambda \frac{\delta T}{\delta r} \quad (5)$$

kjer je  $S$  površina,  $\lambda$  toplotna prevodnost izolacije,  $\delta r$  njena debelina in  $\delta T$  temperaturna razlika na zgornji in spodnji strani izolacije. Zgornje temperature so izmerjene, spodnje pa vzamemo nekoliko višje, kot je poprečna zunanja temperatura zraka (npr.  $27^{\circ}\text{C}$ ).

Nekaj toplote odvzamejo tla in stene, toda vzemimo zaradi preprostosti v prvem približku, da se skozi strop dovedena toplota porabi za ogrevanje zraka v prostoru ter velja:

$$\frac{dQ}{dt} = m c_p \frac{dT}{dt} \quad (6)$$

pri čemer je  $m$  masa in  $c_p$  specifična toplota zraka pri konstantnem pritisku. Ker je masa:

$$m = S \varrho h \quad (7)$$

pri čemer je  $\varrho$  gostota zraka in  $h$  višina prostora, nam da izenačitev enačb (5) in (6) jakost ogrevanja zraka v prostoru:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\lambda}{h c_p} \frac{\sigma T}{\sigma r} \quad (8)$$

Ker so za neki prostor  $\lambda$ ,  $\varrho$ ,  $h$  in  $\sigma r$  konstantne vrednosti, velja:

$$\frac{dT}{dt} = k \sigma T \quad (9)$$

Iz tega izhaja, da je jakost ogrevanja v prostoru sorazmerna temperaturni razliki  $\sigma T$  in je torej odvisna predvsem od temperature pod kritino. Vzemimo za primer vrednosti pod sivo kritino, pri čemer je ob ekstremu razlika temperatur na obeh straneh izolacije  $15^\circ$ . Naj bo izolacija 10 cm debela mineralna volna s toplotno prevodnostjo  $\lambda = 0,035 \text{ kcal/m st h } /6/$  in prostor naj bo visok 3 m. Po enačbi (8) sledi, da bi bila jakost ogrevanja zraka v prostoru  $5^\circ/\text{h}$ , kar bi torej kljub sorazmerno dobri izolaciji že privedlo do neznosno visokih temperatur zraka v prostoru, če ne bi bilo stalnega prezračevanja. Pri kritinah drugih barv bi bilo ogrevanje še močnejše in prav te razlike v ogrevanju nas zanimajo. Izmerjene temperaturne razlike in po enačbi (9) iz njih izračunana razmerja jakosti ogrevanja so podana v tabeli 2.

Tabela 2 Temperaturne razlike na mejah izolacije pod raznobarvnimi kritinami in razmerja glede na razmere pod sivo kritino.

Table 2 Temperature differences on insulation borders under plates of different colours and ratios regarding light grey plate.

Barva kritine	siva	svetlo rdeča	temno rdeča	črna
T ( $^\circ\text{C}$ )	15	20	25	30
razmerje	1	1,3	1,7	2,0

Iz tabele je razvidno, da se zrak pod črno kritino celo dvakrat močnejše ogreva kot pod sivo. Teh razmerij niti vrsta, niti debelina izolacije ali višina prostora ne spremenijo. Črnih streh v teh klimatskih razmerah verjetno ne bo nihče delal. Iz etnografskih ali lepotnih razlogov pa se ponekod pojavljajo zahteve po rdečih strehah. Toda iz gornje tabele je videti, da je to nespametno. Če imamo namesto sive kritine rdečo, moramo za ustrezeni faktor (večji od 1,0) povečati sistem ohlajevanja ali izmenjavo zraka ali pa prenašati previsoke temperature, in to seveda tem bolj čim nižji je strop in čim slabšo izolacijo smo uporabili v stropni konstrukciji.

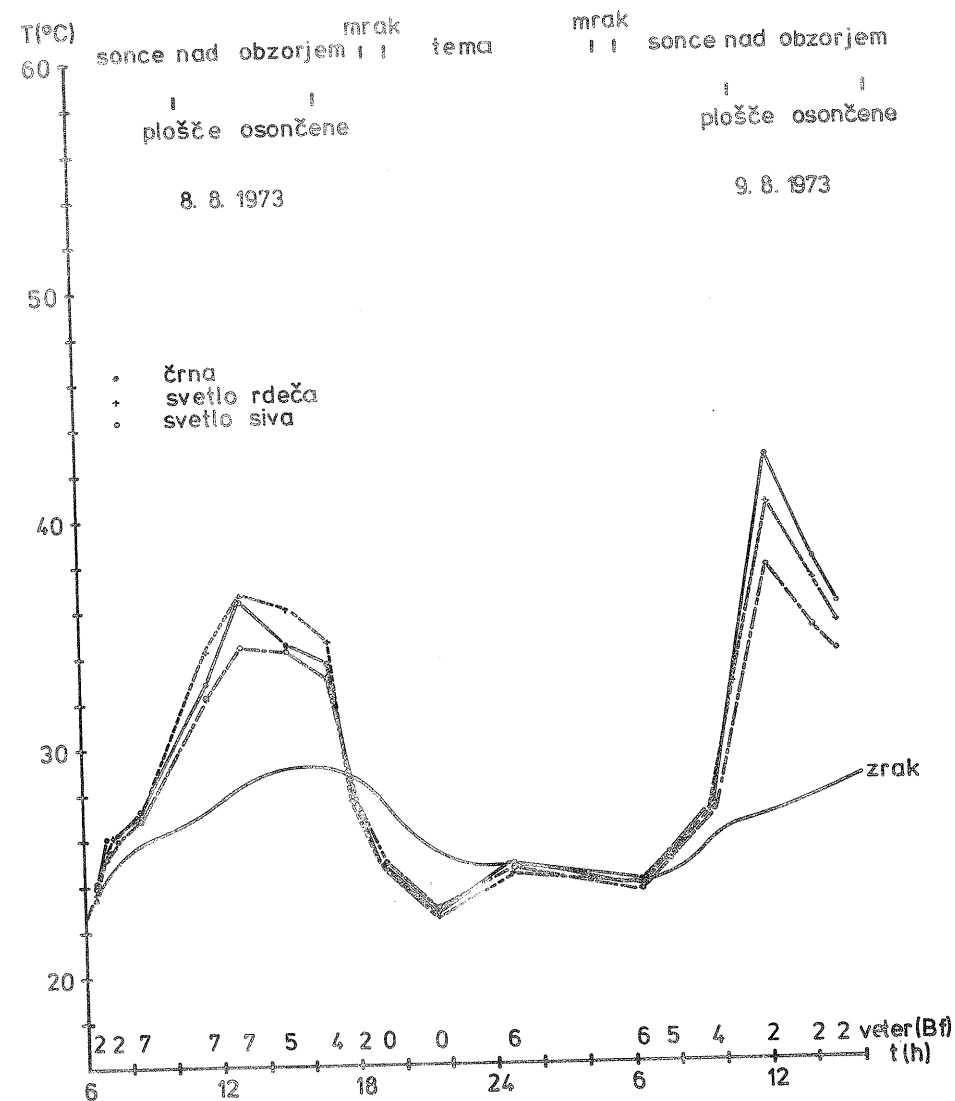
Vidimo torej, koliko barva oziroma albedo strešne površine odloča o ekonomiki in počutju stanovalcev, kar je pri odločitvah vsekakor vredno upoštevati.

#### LITERATURA

- /1/ Conclin G.: The Weather Conditioned House, Reihold Publ. Corp., New York 1958.
- /2/ Koch H.: Industriemeteorologie, Karl Marx Universität, Leipzig 1969.
- /3/ Deventer E.N.: Design Weather Data for Buildings in Warm Climates. Teaching the Teachers on Building Clim. Vol of Prepr. 1/10, Stockholm 1973.
- /4/ Mandorff S.: Prediction of Indoor Thermal Environment During the Summer Months, Ibid 3/49.
- /5/ Robinson N.: Solar Radiation, Elsevier Publishing Comp., Amsterdam 1966.
- /6/ Glas L.O., Höglund I.: The Influence of Roof Constructions on the Cost of Climate Equipment. Teaching the Teach. on Build. Clim. Vol. of Preprints 1/20, Stockholm 1973.

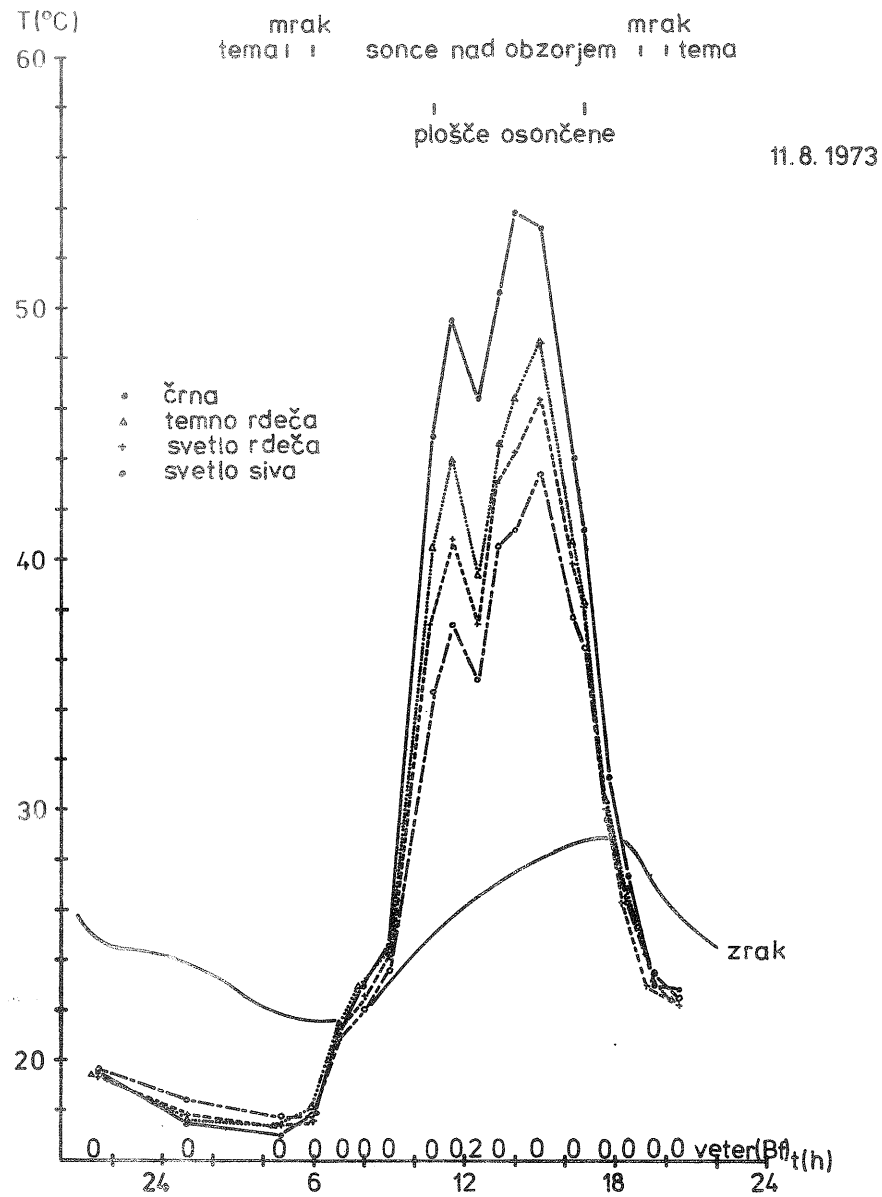
Slike 1-4 Temperature zraka in temperature pod kritinami raznih barv ob različnih pogojih, ki so razvidni s tabele 1 in samih slik.

Figure 1-4 Air temperatures and temperatures under roof covers of different colours at various conditions.



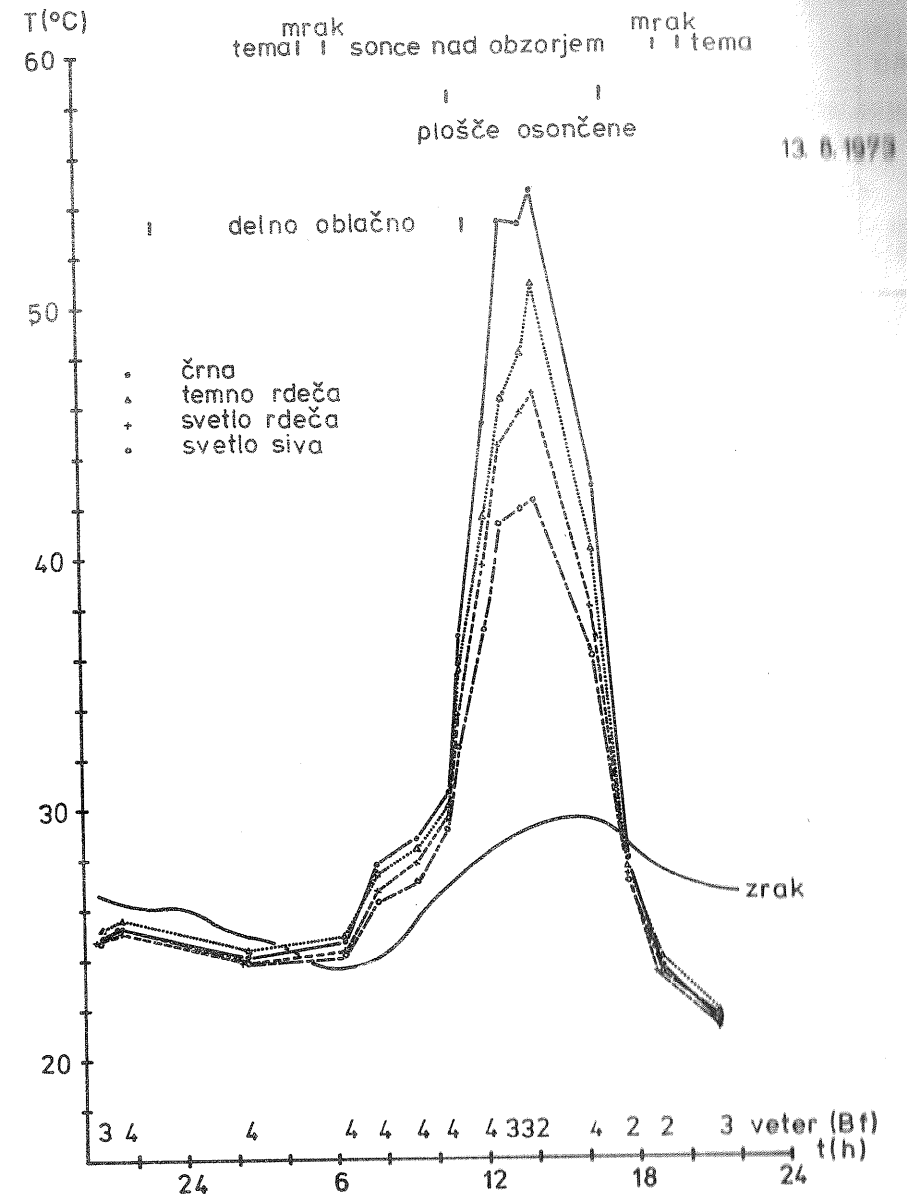
Slika 1

Fig. 1



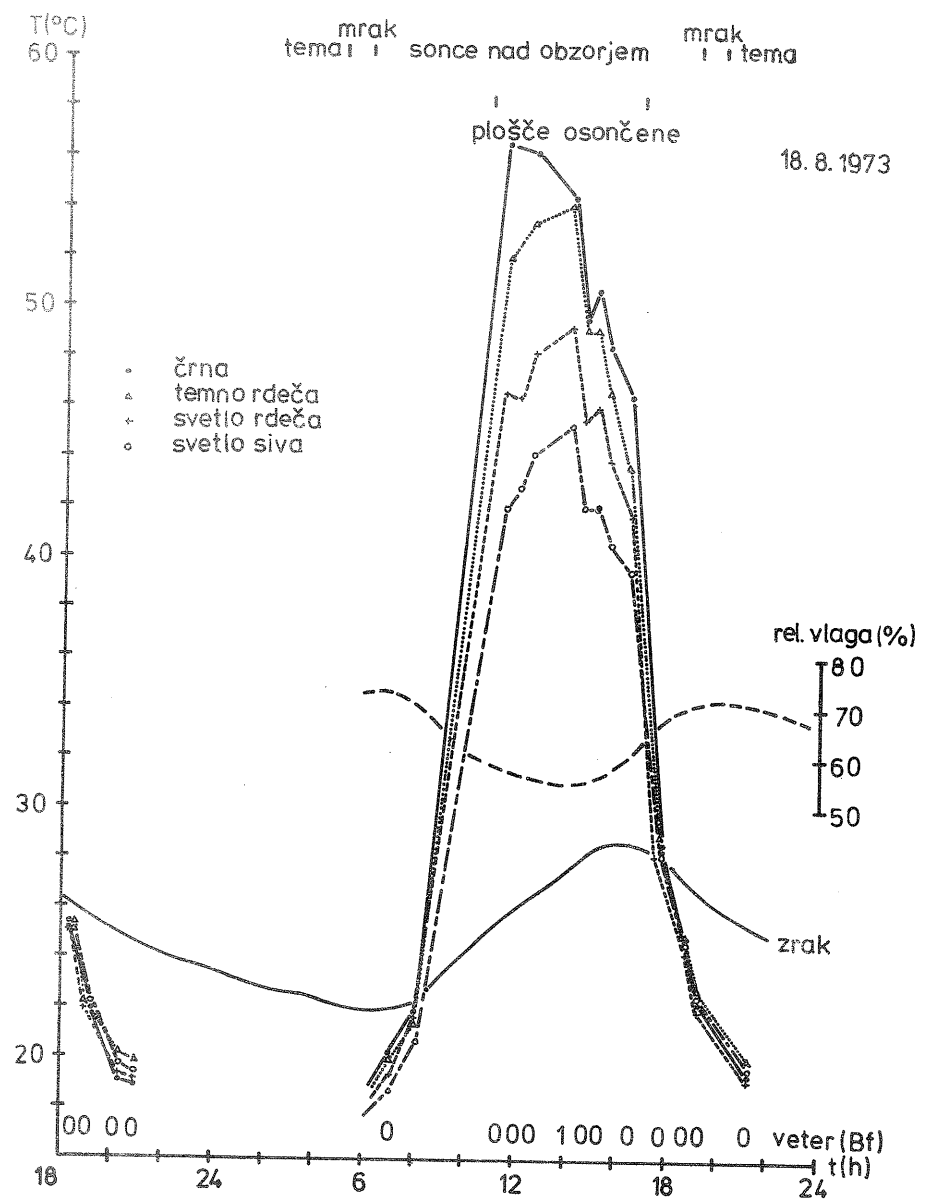
Slika 2

Fig. 2



Slika 3

Fig. 3



Slika 4

Fig. 4

METEOROLOŠKI PARAMETRI - OSNOVA ZA PREVENTIVNA ŠKROP-  
LJENJA PROTI KROMPIRJEVI PLESNI

METEOROLOGICAL PARAMETERS - BASIS FOR PREVENTIVE  
SPRINKLING AGAINST POTATO BLIGHT

632.1  
551.509.59

VLASTA STERGAR

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

Phenomenon and spreading out of the potato blight which causes the fungus *Phytophthora infestans* de Bary is very much influenced by meteorological factors. Preventive actions in the form of sprinkling of plants with pesticides are needed to attain a qualitative and quantitative good production. All phases of the development cycle of the fungus are closely related to the meteorological factors. The forecast of dates on which sprinkling must be applied on the basis of meteorological parameters is justified by this fact.

We studied experimental data collected during 13 years' observation period to test the usefulness of the meteorological criteria for forecasting sprinkling dates. From the known methods with different combinations of meteorological factors we chose the Holland method by Post ( $f = 82\%$ ). This method is based on daily relative humidity and minimum air temperature - the temperature humidity rule. We studied the effect of sprinkling on the middle sensible late potato sort BINTJE and later on, also on the sort MERKUR at 16 localities spreaded over Slovenia. The objectives were viz. to test the validity of Post's weather rule for our region, to find out the economic effect of sprinkling applied on dates calculated on the basis of weather rule or on dates following each other in regular time intervals, as used in Holland.

The usefulness of Post's weather rule can be tested on the basis of yield attained in particular years; it is good if the yield is significantly higher. Analysis of the yield of sort BINTJE obtained from the sprinkled areas show highly significant differences among control non sprinkled areas and sprinkled ones using Post's method

for prediction of sprinkling dates at mean daily relative humidity 80 and 82%, respectively. At the variety MERKUR sprinkling gave significant higher yield at exceptional case only.

Vegetative period was extended on sprinkled areas up to 20 days the effect of this is seen on the increased yield. Table 1 shows the amount of the increased yield of the sort BINTJE for different years (areas sprinkled at relative humidity 82%). Table 2 shows the net income per hectare gained when the sprinkling was applied.

Yield on areas sprinkled according to weather rule was on average 10% higher than on areas sprinkled at regular time intervals where the most problematic is the day of the first sprinkling. This is a problem to predict omitting weather during the period from May to June.

Studying criteria for the first sprinkling we found a constancy of the sum of active temperatures for the period during planting of potatoes and the first rush of Phytophthora. Sum of active temperatures  $800^{\circ}\text{C}$  represents for sort BINTJE according to our experience the lower limit when is expected the first invasion of Phytophthora though, only if also other meteorological conditions are fulfilled.

Conclusions based on data from experimental areas show how large are the losses on yield and money if on potato fields planted with sensitive potato sort - as BINTJE is - the sprinkling is not applied at the right time and in the right way.

#### POVZETEK

V obdobju 1956 - 1968 smo izvajali regionalna poizkusna škropljenja proti krompirjevi plesni na osnovi Postovih vremenskih pravil, ki temelje na srednji dnevni relativni vlazi zraka in na minimalnih temperaturah zraka. Metoda je uspešna tudi v naših podnebnih razmerah. V večini primerov je zagotovila signifikantno višje pridelke bintja.

#### UVOD

V Sloveniji zavzema pridelovanje krompirja pomembno mesto v kmetijski proizvodnji. Po podatkih Zavoda za statistiko SRS je posajen

na ca. 42.000 ha. Pridelek vsako leto količinsko in kakovostno zmanjšujejo številna glivična, virusna in bakterijska obolenja. Od glivičnih bolezni moramo na prvem mestu omeniti krompirjevo plesen ali fitoftoro, ki jo povzroča gliva *Phytophthora infestans* de Bary. Relativno deževna in topla poletja z vmesnimi ohlaiditvami omogočajo hitro širjenje plesni.

V vlažnem poletju se že v juniju pojavijo na krompirjevih listih rjave pege, ki so na spodnji strani obrobljene z belim puhastim kolo-barjem. Nekroza tkiva lahko hitro napreduje. Pri mikroskopskem pregledu najdemo v mezofilu obolelih listov povzročitelja poškodbe, micelij glive *Phytophthora infestans*.

Izbruh bolezni je vezan na določen razvojni štadij krompirja in na vrednosti meteoroloških elementov, predvsem na temperaturo in vlago.

Bolezen se najhitreje širi na zgodnjih in srednjepoznih sortah. Vzrok za navidezno odpornost kasnejših sort je med drugim v počasnejšem razvojnem ritmu poznih sort. Za širjenje fitoftore je namreč pomembno, kako se ujema doba ugodnih vremenskih pogojev za širjenje plesni z dobo prehoda rastlin iz prvotnega odpornejšega v kasnejši občutljivejši štadij.

Dokazano je, da so vse faze v razvojnem ciklusu glive vezane na določene meteorološke elemente. Razvoj micelija v listu in dolžina inkubacijske dobe sta v prvi vrsti odvisna od temperature. V temperaturnem intervalu  $20-25^{\circ}\text{C}$  je inkubacijska doba najkrajša  $/3/$ . Ob izteku inkubacije je relativna vlaga zraka odločujoči faktor pri tvorbi trosonoscev. Pojav konidioforov je mogoč samo v dovolj vlažni sredini. V nadaljnjem razvoju glive pogojuje temperatura način kaljenja trosovnikov in s tem posredno pospešuje ali zavira intenzivnost infekcij in širjenje bolezni.

Prav zato, ker je razvoj glive in s tem pojav in širjenje bolezni v največji meri pogojeno z meteorološkimi parametri, je na osnovi slednjih možno prognozirati roke škropljenja, ki kot izrazita preventiva zavarujejo krompirišča.

Številne metode, oziroma vremenska pravila, ki so jih izdelali Van Everdingen, Beaumont, Post - Richel, Thran, Uhlig in Bourke in na osnovi katerih je možno predvidevati vremenska obdobja, nevarna za pojav in širjenje fitoftore, so sestavljena na osnovi ugotovljene odvisnosti posameznih razvojnih faz glive od meteoroloških elementov. Vsaka metoda ima drugačno kombinacijo meteoroloških elementov, vse pa skušajo določiti kritična vremenska obdobja za



infekcije. Bourkejeva metoda se razlikuje od drugih toliko, da skuša določiti tudi obdobja počasnega napredovanja bolezni. Metoda sloini na splošni cirkulaciji zraka.

Vse to je bolj ali manj znano, manj pa je v strokovni literaturi obravnavana problematika preventivnih škropljenj proti fitoftori na bazi meteoroloških kriterijev. In prav to problematiko smo skušali analizirati v 13-letnem obdobju poizkusnih škropljenj. Analiza rezultatov pa naj bi upravičila uporabnost izbrane meteorološke metode za prognoziranje škropljnih terminov za širšo prakso.

#### PRIKAZ PROBLEMA

Za prakso ima prednost tista metoda, ki je preprostejša, seveda pod pogojem, da je anako učinkovita. Prav zato smo dali prednost holandski metodi Post - Richel, ki temelji na srednji dnevni relativni vlagi zraka in na minimalnih temperaturah zraka. Te podatke pa nam lahko posredujejo navadne klimatološke postaje. Po Postovih vremenskih pravilih nastopi za fitoftoro kritično vremensko obdobje takrat, kadar so izpolnjeni v dveh zaporednih dneh naslednji pogoji:

1. Srednja dnevna relativna vlaga zraka mora biti v enem dnevu enaka ali višja od 82%. Predhodni ali naslednji dan ne sme biti nižja od 79%.
2. Minimalna temperatura zraka mora biti vsaj v enem od obeh dni enaka ali višja od 10° C. /1/

Oba elementa sta merjena v meteorološki hišici v višini 2 m. Srednja dnevna relativna vlaga zraka je računana iz psihrometrijskih vrednosti, odčitanih v treh klimatoloških terminih ob 7., 14. in 21. uri.

Z regionalno zastavljenimi poizkusi smo želeli ugotoviti:

1. če velja holandska metoda "the temperature humidity rule" tudi v naših heterogenih podnebnih razmerah;
2. pri kateri relativni vlagi zraka je škropljenje dejansko najuspešnejše;
3. kakšen je ekonomski efekt škropljenja?

Skušali smo najti odgovor tudi na vprašanje, kakšno prednost imajo meteorološki kriteriji kot osnova za prognoziranje škropljnih termi-

nov pred običajno koledarsko metodo, kjer se ponavljajo škropljenja v 10-dnevnih razmakih, neglede na vreme.

Vzporedno z izborom najprimernejših meteoroloških kriterijev za določanje škropljnih terminov smo skušali proučiti in izpopolniti kriterije, ki bi zanesljivo določili čas prvega škropljenja. Vemo namreč, da imajo škropljenja proti fitoftori izrazito preventivni značaj. Še preden se pojavi na spodnji strani listov bela plesen, mora biti list prekrit z zaščitno plastjo fungicida. Zamujeno škropljenje je manj uspešno. Zato ni važno samo število škropljenj, ampak tudi čas posameznih škropljenj, zlasti prvega.

#### METODA POIZKUSOV

V regionalna poizkusna škropljenja v obdobju 1956-1968 smo vključili občutljivo srednjepozno sorto bintje. Lokacija postaj je upoštevala glavne pridelovalne rajone krompirja in glavna klimatska območja Slovenije. Poizkusna škropljenja smo začeli izvajati v naslednjih krajih: Gornji Lenart (Hs 150 m), Beltinci (Hs 177 m), Novo mesto (Hs 193 m), Starše (Hs 237 m), Žalec (Hs 242 m), Radvanje (Hs 275 m) Ljubljana (Hs 299 m), Češenik (Hs 315 m), Žabnica (Hs 350 m), Radohova vas (Hs 389 m), Radlje (Hs 416 m), Gornji Grad (Hs 429 m), Livold pri Kočevju (Hs 461 m), Postojna (Hs 533 m), Javorje (Hs 695 m), Nova vas na Blokah (Hs 722 m).

Kasneje smo število poizkusnih postaj reducirali in po letu 1966 obdržali eno postajo, Ljubljana-Črnuče. Ker zavzemajo pozne sorte v Sloveniji večino površin, smo v obdobju 1960-1965 vključili v poizkusna škropljenja še kasnejšo in odpornejšo sorto merkur.

Za proučevanje odvisnosti fitoftore od vremena so potrebni dnevni meteorološki podatki, podatki o fenološkem razvoju krompirja ter o pojavu in širjenju krompirjeve plesni. Poizkusne površine so bile zato obvezno v bližini meteorološke postaje. S postajami smo imeli dnevno telefonsko zvezo. Od razraščanja dalje smo dvakrat tedensko po enotni skali ocenjevali zdravstveno stanje krompirja z ocenami od 10 - 0. Krompirišča so bila škropljena z 0,3% ditanom.

Postova vremenska pravila za določanje škropljnih terminov smo v prvih letih toliko modificirali, da smo škropili pri treh različnih srednjih dnevni relativnih vlagah zraka:  
f = 80%, f = 82% in f = 86%.

Poizkusna polja so bila velika po 4 are in razdeljena v 16 parcelic.

Parcele z oznakami A, B, C, D, velike po 25 m<sup>2</sup>, so bile različno obravnavane in razporejene v 4 ponovitve. Kontrolne parcele A so ostale za primerjavo neškropljene, na parcelah B, C, D pa smo izvajali variantna škropljenja glede na višino relativne vlage zraka:

parcele B so bile škropljene pri srednji dnevni relativni vlagi zraka  $f = 82\%$

parcele C so bile škropljene pri srednji dnevni relativni vlagi zraka  $f = 80\%$

parcele D so bile škropljene pri srednji dnevni relativni vlagi zraka  $f = 86\%$

#### REZULTATI

Uporabnost metode Postovih pravil kot osnove za prognoziranje škropljenih terminov lahko ocenimo na podlagi pridelkov v posameznih letih. Upravičena je tedaj, če lahko zagotovi povečane pridelke, ki presegajo mejo naključne verjetnosti. Z metodo analize variance smo za vsak primer posebej ugotavljali mejno vrednost, ki loči razlike v pridelku med posameznimi obravnavanji v signifikantne od tistih, ki še spadajo v področje naključne verjetnosti.

Analiza pridelkov obravnavanih površin bintja je pokazala, da so v večini primerov signifikantne razlike v poprečnem pridelku med kontrolnimi parcelami A in škropljenimi parcelami C ( $f = 80\%$ ) in približno v 2/3 primerov med kontrolnimi parcelami A in škropljenimi parcelami B ( $f = 82\%$ ). Razlika v poprečnem pridelku med kontrolnimi parcelami A in obravnavanim D ( $f = 86\%$ ) ni bila v nobenem primeru signifikantna. Iz tega sledi, da je škropljenje pri relativni vlagi  $f = 86\%$  zamujeno in zato neučinkovito.

V nadaljnjem smo obdržali prvo varianto Postove metode, to je škropljenje pri relativni vlagi zraka  $f = 82\%$ , ker ni bilo signifikantnih razlik v poprečnem pridelku obravnavanih parcel B ( $f = 82\%$ ) in C ( $f = 80\%$ ).

S škropljenji smo podaljšali vegetacijsko dobo krompirja do 20 dni, kar se izraža v povečanem pridelku škropljenih površin.

Leta z izrazitim pojavom fitoftore v celoti potrjujejo finančni uspeh škropljenja. Iz tabele 1 je razvidno, za koliko se je povečal v poprečju pridelek krompirja (sorta bintje) na parcelah, ki so bile tretirane po metodi Posta, pri relativni vlagi zraka  $f = 82\%$ .

Tabela 1 Povečan pridelek krompirja sorte bintje na tretiranih površinah po metodi Posta.

Table 1 Increased yield of potato sort BINTJE gained at sprinkled areas. Sprinkling dates defined by Post's method.

Leto	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
$\Delta P$ (mtc/ha)	54	20	39	49	51	77	54
$\Delta P$ (%)	28	8	15	33	16	32	23

Leto	1963	1964	1965	1966	1967	1968
$\Delta P$ (mtc/ha)	84	89	61	132	76	93
$\Delta P$ (%)	38	47	41	71	21	32

V 13-letnem poprečju znaša zaradi škropljenja povečan pridelek bintja 67,6 mtc/ha ali 31,2%.

Pri sorti bintje so bile razlike v poprečnem pridelku med kontrolnimi, neškropljenimi parcelami A in obravnavanimi B (Post,  $f = 82\%$ ) v večini primerov visoko signifikantne.

Pri kasnejši sorti merkur pa so dala škropljenja drugačen rezultat: Pridelek na škropljenih parcelah (Post,  $f = 82\%$ ) je bil le izjemoma signifikantno višji od kontrolnih neškropljenih parcel, vendar v vseh primerih še ekonomsko utemeljen.

Ekonomski efekt škropljenja se izraža s čistim dohodkom na hektar zaradi povečanega pridelka, po odbitku stroškov škropljenja.

Tabela 2 Čisti dohodek na hektar, ustvarjen zaradi škropljenja po metodi Posta.

Table 2 Nett income per hectar gained on areas were sprinkling was applied according to Post's method.

Leto	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Čisti dohodek na 1 hektar v dinarjih	1.360	1.490	1.570	2.690	6.100	3.400	3.800

V poprečju 7 let znaša čisti dohodek na 1 ha, ustvarjen zaradi povečanega pridelka na škropljenih površinah 2.910 din.

Po podatkih Zavoda za statistiko SRS so rane sorte krompirja, ki so za fitoftoro najobčutljivejše, posajene na ca. 5.000 hektarjih. Če smemo ugotovitve na poizkusnih parcelah v zadnjih sedmih letih z določeno rezervo prenesti samo na 20% površin pod ranimi sortami krompirja, t.j. na 1.000 hektarov, dobimo presenetljivo visoke številke, ki nas opozarjajo, kako visoke so vsako leto izgube v pridelku in denarju na krompiriščih občutljivih sort, ki niso škropljena. In še na nekaj nas opozarjajo: kako velike so izgube v pridelku, ki jih povzročajo rastlinske bolezni, če varstvo rastlin ni smotrno in pravočasno.

Vzporedno z izborom najprimernejših meteoroloških kriterijev za določanje škropljnih terminov smo skušali izpopolniti tudi kriterije za določanje prvega škropljenja.

Po Uhligu se fitoftora iz primarnih žarišč sprva počasi širi, pozneje pa pri zanjo ugodnih vremenskih razmerah vedno hitreje in pride iz prvih latentnih oblik v bolj ali manj masovni pojav /1/. Kritične vremenske razmere so do nekega izhodiščnega datuma (Null-Datum) navidezno manj nevarne /1/. Ta izhodiščni datum lahko predstavlja strnjenost nasada, ki pomeni konec faze razraščanja krompirja /1/, ali pa je določen s sumami aktivnih temperatur, računanih od sadnje krompirja dalje /2/. Thran pripisuje možnost prvega pojava fitoftore določeni razvojni stopnji krompirja, ki jo določi s sumami aktivnih temperatur 800° C za rane sorte (erstling) in 1100° C za srednje pozne sorte krompirja (flava) /2/. V 10-letnem opazovalnem obdobju so za sorto bintje na poizkusnem polju v Ljubljani znašale sume aktivnih temperatur v časovnem intervalu sadnja - prvi pojav fitoftore v posameznih letih 800° C do 1200° C. Pokazalca 56 dni, ki jih registriramo od sadnje krompirja dalje in suma aktivnih temperatur 800° C, računana prav tako od sadnje dalje, predstavljata po naših izkustvih najzgodnejši čas možnega izbruha fitoftore za sorto bintje, če so takrat izpolnjeni meteorološki pogoji.

Ekstremno zgoden pojav fitoftore je bil v letih 1961 in 1968, ko smo jo odkrili na nekaterih poizkusnih parcelah že 10. oziroma 11. junija. Pogostost prvega pojava fitoftore je bila na poizkusnem polju v Ljubljani v obdobju 1959-1968 največja v III. dekadi junija. Relativna pogostost prvega pojava fitoftore je znašala v I. dekadi junija 10%, v II. dekadi junija 20%, v III. dekadi junija 50% in v I. dekadi julija 20%.

Rezultati poizkusnih škropljenj so potrdili že znano dejstvo, da so škropljenja izrazita preventiva. V poprečju štirih let (1961, 1964, 1965, 1966) smo dobili na parcelah, ki smo jih prvič škropili pred

prvim pojavom fitoftore za 28 mtc/ha ali za 11% višji pridelek kot na parcelah, ki smo jih škropili šele potem, ko smo v nasadu že opazili fitoftoro.

Vprašanje je, kakšna je prednost meteoroloških kriterijev pred koledarsko metodo pri določanju škropljnih terminov.

Odgovor na to vprašanje so dala poizkusna škropljenja v zadnjih letih. V poprečju štirih let (1962, 1963, 1965, 1966) smo s škropljenji po meteoroloških kriterijih ustvarili za 24 mtc/ha ali za 10% višji pridelek kot po koledarski metodi. Najbolj problematično je pri koledarski metodi prvo škropljenje, ki ga je težko napovedati brez poprejšnje analize vremenskih pogojev v maju in juniju. Šele analiza vremenskih pokazateljev in fenološkega razvoja krompirja od vznika dalje nas opozori na možnost izjemno zgodnjega pojava fitoftore, to je že okrog 10. junija, in omogoči pravočasno prvo škropljenje v tistih izrazito fitoftornih letih, ki sicer niso pogosta, so pa zaradi škode, ki jo utegnejo povzročiti, toliko nevarnejša.

#### ZAKLJUČKI

1. Postova vremenska pravila "the temperature - humidity rule" za določanje škropljnih terminov so učinkovita tudi v naših podnebnih razmerah. V trinajstletnem obdobju poizkusnih škropljenj so v večini primerov zagotovila signifikantno višje pridelke pri sorti bintje. Ekonomski račun v celoti potrjuje uspešnost poizkusnih škropljenj. V poprečju 13 let se je povečal pridelek na škropljenih površinah (Post, f = 82%) bintja za 31%.
2. Najzanesljivejše rezultate je dalo škropljenje pri relativni vlagi zraka 80% in 82%. Škropljenje pri relativni vlagi 86% ni v nobenem primeru dalo signifikantno višjih pridelkov.
3. Škropljenje sorte merkur je dalo le izjemoma signifikantno višje pridelke, vendar je bilo v vseh primerih še ekonomsko utemeljeno.
4. Pokazalec 56 dni in temperaturna suma 800° C, ki ju registriramo od sadnje dalje, predstavljata po naših izkušnjah izhodiščni datum, od katerega dalje lahko pričakujemo pojav fitoftore, če so izpolnjeni drugi (meteorološki) pogoji.
5. Pomembnost prvega škropljenja potrjujejo pridelki v 4-letnem poprečju na enako tretiranih površinah bintja, vendar z različnim

datumom prvega škropljenja. Veliko prednost imajo preventivna škropljenja z začetkom pred prvim pojavom fitoftore.

6. Škropljenje po meteoroloških kriterijih je imelo v 4-letnem oprečju v vseh primerih prednost pred koledarsko metodo (škropljenje v 10-dnevnih razmakih ne glede na vreme). Največja pomanjkljivost slednje je v tem, da nima objektivnega kriterija za start, to je za določitev prvega škropljenja.

#### LITERATURA

- /1/ Uhlig S.: Das Problem der Phytophthora-Warnungen. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, Band 99, Heft 2, Berlin 1955.
- /2/ Thran P.: Kartoffel-Kraut und Knollenfäule. Das Wetter in Schleswig - Holstein VI, Nr. 49 und 51, 1952, Verlag Meteorol. Amt Schleswig.
- /3/ Josifović M.: Poljoprivredna fitopatologija. Naučna knjiga, Beograd 1964.

VPLIVI IN POSLEDICE ONESNAŽENEGA OZRAČJA NA VEGETA-  
CIJO INDUSTRIJSKEGA RAJONA V ZASAVJU V LETU 1973

INFLUENCES AND EFFECTS OF AIR POLLUTION ON VEGETA-  
TION AT INDUSTRIAL BASIN ZASAVJE DURING THE YEAR 1973

632.1  
551.510.42

CIRIL ZRNEC

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

During the year 1973 we made simultaneous measurements of SO<sub>2</sub> concentrations and observations of plant development at Zasavje region, where heavy air pollution was observed during the past years. Concentrations of SO<sub>2</sub> attained very often values between 1 and 3 mg/m<sup>3</sup>. Higher values marked as pushes were observed less frequently and occurred mostly at free morning hours.

Direct influence of SO<sub>2</sub> concentration was seen as damage on plant leaves and needles and as changed chemical reactions in the plants themselves. At first it was affected the palisade layer in the leaves, later the injuries spreaded into the spongy layer, veins, and stems as well.

Because of the changes in the cell pressure the leaves wrinkled and twiggged so much that the morfological anomalies took place. At the same time the chlorophyll complex of the plant was destroyed; the basic physiological process was spoiled. The injuries spreaded out further and further and covered the whole leave. The formation and course of the damages were specific for various groups of plants. From comparison we concluded that the injuries depend not only on SO<sub>2</sub> concentration but on other various parameters as well, viz. development stage, resistance, plant group, and so on.

Reactions of the plant on SO<sub>2</sub> concentration, viz. time course of the damages, fall of leaves, development of new "secondary" leaves, and others are given on figures.

The metabolism of the plant we diminished with the reduction of photosynthesizing areas, as well. The plant dried and collapsed. Vegetation cycle was nearly at all plant groups ceased at earlier time; so the fall of the leaves occurred at the end of the summer. Few weeks later new "secondary" leaves sprouted. In the summer 1973 new leaves sprouted in the last decade of August and in the first decade of September.

Naturally the new young leaves are different from the old ones according to the shape and structure. The phenomenon of "secondary" leaves is remarkable at different plant groups viz. lime-tree and ash-tree, which renew the crown; though it is less remarkable at beech-tree and other deciduous trees. In these cases only individual leaves sprouted, mostly at the stems.

The plant associations changed with the collapse of plant groups. Thirty years ago coniferous trees formed the forest alone or together with deciduous trees in the same area. Today only beech-trees grow here. The after growth is poor.

We studied the plant associations from the floristic point, as well. After few years, when the problem of the air pollution will be solved or preventive action will take place at least, on this base we will be able to establish if the development of the plant associations and the vegetation itself led to the regressive or progressive direction.

#### POVZETEK

V vegetacijskem obdobju 1973 smo sistematično spremljali poškodbe, ki jih povzroča SO<sub>2</sub> na rastlinah, na območju med Termoelektrarno Trbovlje in Hrastnikom do nadmorske višine 550 m.

Vidno je močno izraženo individualno reagiranje na različne koncentracije SO<sub>2</sub> med posameznimi rastlinskimi vrstami in med individui v okviru iste vrste.

#### UVOD

Med osrednje probleme današnjega časa smemo prav gotovo uvrstiti problem onesnažene biosfere - celotnega življenjskega prostora. V letu 1973 je agrometeorološki oddelek Hidrometeorološkega zavoda

SRS pričel sistematsko opazovati vegetacijo enega najbolj onesnaženih predelov Slovenije - Zasavja.

Ob koncu vegetacijskega ciklusa je bila razvidna neposredna povezava med onesnaženim ozračjem in industrijskimi plini ter rastlinsko odejo. Koncentracija SO<sub>2</sub> in drugih dimnih plinov je bila in je še za posamezne vrste katastrofalna. Naša osnovna raziskovalna naloga je bila ugotoviti, kakšen je razvoj in nastanek poškodb (ožigov) na rastlinstvu. Način opazovanja sprememb v naravi ter hkratno merjenje koncentracij SO<sub>2</sub> je bil tu izveden prvič v Jugoslaviji. Poleg polurnih poprečkov koncentracij SO<sub>2</sub> smo pri našem delu največ upoštevali vizuelno procentualno vrednotenje ožigov. Fotografiranje (detajlno, kot tudi panoramsko) nam je v končni fazi dalo, ne samo pregled ožigov, ampak tudi verodostojni dokument.

Meritve in opazovanja so trajala od maja do novembra v letu 1973, v tedenskih ali 14 dnevni presledkih, to je v času, ko je vegetacija najbolj aktivna. V pozni jeseni in zimi je rastlinstvo dokaj zavarovano pred škodljivimi učinki SO<sub>2</sub>, razen pri tistih rastlinah, pri katerih razvojni ciklus ni zavrt v toliki meri (iglavci). Iz tega sklepamo, da ima velik pomen na rastline ne samo koncentracija SO<sub>2</sub> v ozračju, ampak tudi akumulacija le-tega v organizmu. Delovanje emitentov na rastlinske dele je najbolj izraženo na distalnih delih, to je tistih, ki so v neposrednem stiku z ozračjem, listih in cvetovih.

Pomembna je ugotovitev, da so poškodbe nastale znatno prej, preden se pojavijo vizuelne spremembe - ožigi. Z mikroskopiranjem in zlasti fotografiranjem preparatov smo dokazali poškodbe, ki jih na zunaj ni mogoče opaziti.

#### NAČRT DELA

1. Kontinuirano opazovanje poškodb od prvih ožigov do konca vegetacijskega ciklusa.
2. Fotodokumentacija - slikanje posameznih rastlinskih delov in pokrajine, zlasti okolice Termoelektrarne Trbovlje.
3. Floristična-sistematska obdelava vegetacije Zasavja.
4. Fitosociološke enote na ogroženem delu ter primerjava le-teh s okoliškimi vegetacijskimi sestoji.

5. Herbariziranje rastlinskega materiala predvsem onega, ki ima poškodovane organe.
6. Atlas poškodb. Prikaz poškodb iz različnih predelov z vsemi prehodi od začetnih do končnih stadijev.
7. Fenometrija: je ena izmed možnosti pokazati vpliv emitentov na rast listov.
8. Mikroskopiranje listov: ugotoviti morfološke spremembe v listih pred nastopom vidnih nekroz.

#### VPLIV SO<sub>2</sub> NA RASTLINE IN OBLIKE POŠKODB

SO<sub>2</sub> povzroča na rastlinah različne poškodbe. Prav zaradi boljšega pregleda jih delimo v akutne in kronične.

##### Akutne poškodbe:

Nastanejo tedaj, če koncentracija neke snovi, škodljive rastlini prekorači določeno mejo in pride do večjih ali manjših ožigov listne lamine ali drugih delov rastlinskega organizma. Prekoračitev take koncentracije mora trajati nekaj časa, kar je pri različnih vrstah različno, da se kot posledica pojavijo vidne spremembe /1/. Ožigi nastanejo tako po nekaj urah ali nekaj dneh.

##### Kronične poškodbe:

Nastanejo takrat, ko je delovanje SO<sub>2</sub> in drugih dimnih plinov dolgotrajnejše. Kot posledica kroničnih poškodb se pojavljajo mikroskopsko vidna odmiranja tkiv, sprememba metabolizma rastline, na zunaj pa hiranje in slabenje rastline. Pri iglavcih in listavcih se kronične poškodbe izražajo v počasnem hiranju, sušenju posameznih vej, tako da končno ostane drevo živo le v osrednjem delu, torej deblo s posameznimi debelejšimi vejami. Temu primerno je tudi olistanje, ki je specifično in karakteristično prav za vse gozdne predstavnike v propadajoči fazi. Asimilacijske površine so razvite le ob deblu in debelejših vejah. Videz takega drevesa je pokončen-podaljšan, saj vse stranske veje slej ko prej odpadejo. Olistenje je skromno. Zato je tak gozd sončen in je prav to poleg učinkovanja SO<sub>2</sub> povzročilo fitosociološke spremembe.

Učinkovanje plinov (SO<sub>2</sub>) spoznamo na lesnih rastlinah po določenih zunanjih znakih na listih. SO<sub>2</sub> povzroča listno pegavost. Pege so na listih lahko ostro omejene - lokalizirane ali raztresene. Ločimo nekroze, ki nastanejo na robovih, od tistih na konici oziroma na sami lamini. Zlasti so pogoste med nervaturo, tako da ostane list zelen le ob žilah. Ta del normalno asimilira. Barva ožiga je lahko zelo različna, saj je veliko vmesnih prehodov. Ponavadi prevladujejo rdečkasti, rumenkasti in sivkasti odtenki.

Po daljšem učinkovanju SO<sub>2</sub> se nekroza iz občutljivejših mest večja na vso listno ploskev. Nekatere vrste dreves kmalu po usvajanju SO<sub>2</sub> odvržejo liste in to takrat, ko nekroza začne ali pa je že toliko napredovala, da je delovanje lista onemogočeno. Listavci skušajo ohraniti najmanjše liste na vršičkih čim dlje, zato je tudi rast v dolžino tako močno izražena. Pojav, da se razvijajo po popolnem odpadu listov novi zeleni listi, je v Zasavju že reden. Razumljivo je, da so ti listi spremenjeni, se razlikujejo po debelini in obliki. Ponavadi so svetlejši in bolj pergamentasti.

Oblike poškodb pri različnih rastlinskih skupinah:

##### Iglavci:

Iglavce smo v glavnem opazovali le na Dobovcu, saj jih na hrastniškem območju ni več. Najprej se obarvajo vršički iglic, kasneje pa se barvilo širi proti njihovi bazi /1/. Igllice so v začetku belkaste, nato začno rumeneti, vidne so rumenkaste pege, ki postanejo rdečkasto-rjave. Pri kroničnih poškodbah so starejše vejice prej prizadete, pri akutnih pa trpijo mlajše. Odpadati prično najprej stare iglice, dokler ne ostanejo na drevesu le iglice zadnjega leta, ki so pravkar odgnale. Ker se je s tem zmanjšala drevesu asimilacija, se mora drevo v kratkem posušiti. Zunanji videz drevesa je sivkast, krošnje so redke.

Lestvica občutljivosti iglavcev je naslednja:

Macesen se obnaša kot listavec. Ob močnejšem delovanju SO<sub>2</sub> se iglice suše na terminalnem delu in odmrli delci odpadajo po koščkih.

Bor je na dobovškem pobočju dokaj pogosten. Kaže sorazmerno majhne akutne, zato pa znatne kronične poškodbe.

Smreka je najbolj zastopano iglasto drevo in igra v sestoji okoliških gozdov vidno vlogo. Ožigi pri tem drevesu so lokalizirani na distalne dele habitusa, torej na vejice, ki so na zunanjem delu krošnje. Igllice zelo zgodaj porumene in porjave. Odpadanje je počasno.

Brin se obnaša podobno kot bor.

Listavci:

Listavci predstavljajo osnovo gozdnih lesnatih rastlin. To je tudi eden izmed znakov, da so listavci znatno bolj odporni proti vplivu  $SO_2$ . Zanje so značilne robne in intercostalne nekroze. Robni ožigi so zlasti pogostni pri bukvi, gabru, vrbi in jesenu. Ponavadi se pojavi poškodba na apikalnem delu lista, kasneje se ožig širi proti sredini - proti osrednjem rebbru. Za bukev je značilno tudi to, da se poškodovani del lista pretrga z globoko zarezo. Končno stanje je porjavitev listne lamine, četudi je ožig zajel le 40% površine. Listi se zvijajo in po osušitvi odpadejo. Ponovno olistenje je pri bukvi skromno. Na Platoju so se pojavili novi zeleni listi v zadnji dekadi julija.

Robni ožig pri jesenu zelo hitro napreduje in v kratkem času zajame vse lističe, tako da ostanejo na veji le osrednja rebra.

Intercostalne poškodbe se razlikujejo od robnih po legi. Ožig se pojavi najprej med stranskimi žilami in se kasneje širi proti robu. Ta tip poškodbe je zelo pogosten pri javorjih, brezi, lipi ter grmovjih.

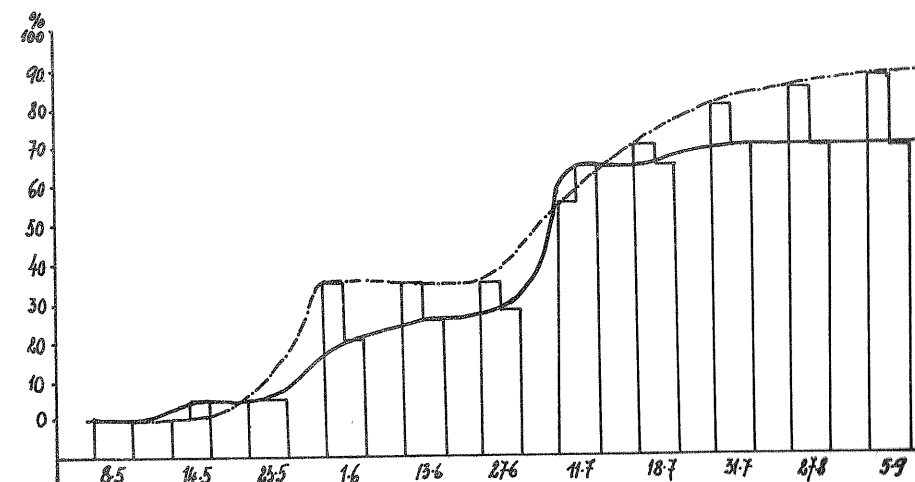
Le hrasti se ločijo po nastanku in obliki ožigov. Poškodbe se pojavijo hkrati na robovih in v manjši meri na lamini v obliki drobnih pegic ter tako sestavljajo nekak specifičen tip - tip mozaika. Če se pojavi močnejši robni ožig v zgodnji fazi razvoja, ko se list razvija, tedaj poškodovani del odmre, drugi, še zdrav, pa normalno živi ter živetari dalje. Efekt take rasti je večje ali manjše izbočenje listne ploskve, da je končno list mehurjasto zaokrožen. Poškodbe pri hrastih so pogoste v stadiju listne rasti in izdiferenciacije tkiv, kasneje pa so listi prav zaradi močnih kutikularnih struktur bolj ali manj zaščiteni.

Trepetlika je ena izmed rezistentnejših rastlin, poškodbe so se pojavile takrat, ko je bila bukev že popolnoma rjava.

Pri javorjih nastopajo ožigi tako na sami lamini kot na njenih robovih. Poškodbe lahko opazimo sprva kot lahno bledico, ki kasneje potemni.

Črni bezeg je znatno rezistentnejši od drugih grmovnic. Poškodbe so razvite le kot drobne belkaste pikice. Napredovanje v zdravi del lista je malenkostno kljub povišanim koncentracijam  $SO_2$ . V letu 1973 je bezeg močno cvetel, plodov pa je bilo kljub temu malo.

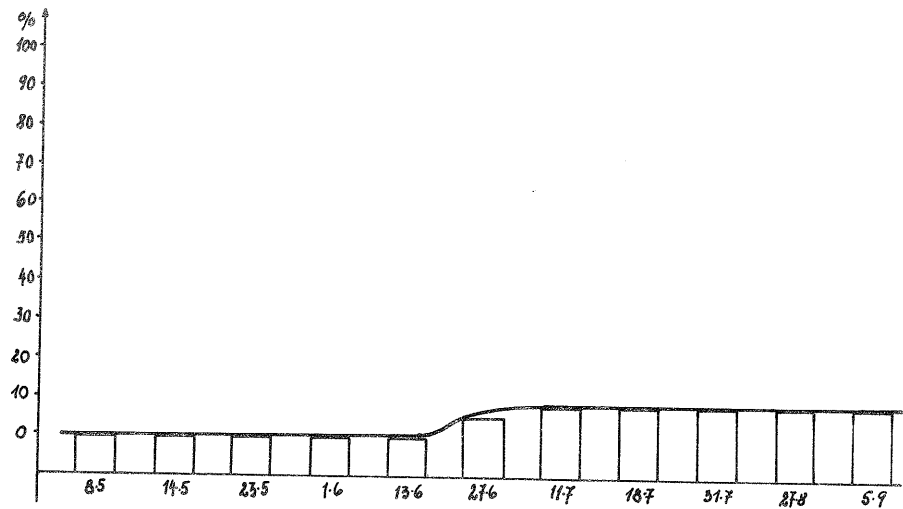
Kalina (*Ligustrum vulgare*), do 2 m visok grm je ohranil svoje liste popolnoma nespremenjene. Za eventualno obnavljanje zelenih površin bi zato ustrezal liguster in deloma črni bezeg. Sadike za sanacijo bi bilo potrebno vzgojiti iz rastlin, ki so že prilagojene na specifično ozračje.



Slika 6 *Epimedium alpinum* L. - vimček  
Napredovanje ožigov na listih (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973  
( — ) kmetija Dolinšek, ( - - - ) Plato

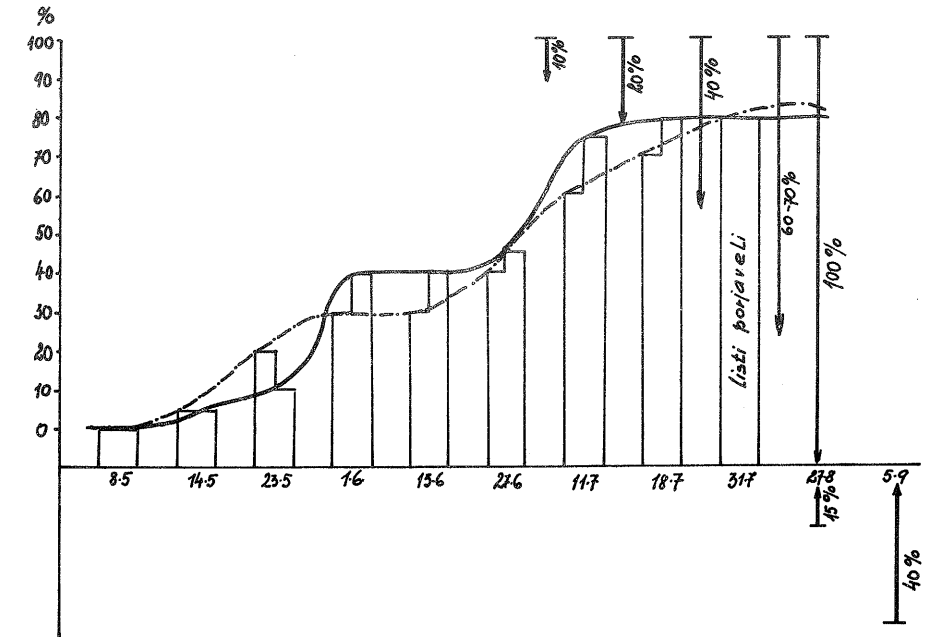
Fig. 6 *Epimedium alpinum* L.  
Time course of damages on the leaves (in percents) from 8th May to 5th September 1973 (surroundings of the farm Dolinšek, Plato).





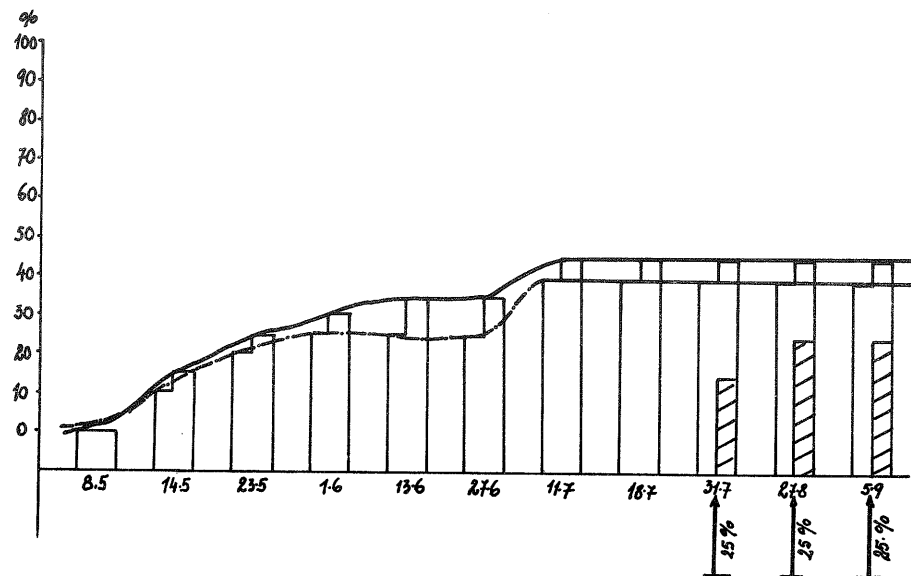
Slika 7 *Sambucus niger* L. - črni bezeg  
Napredovanje ožigov na listih (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973  
( — ) kmetija Dolinšek

Fig. 7 *Sambucus niger* - elder-tree  
Time course of damages on the leaves (in percents) from 8th May to 5th September 1973 (surroundings of the farm Dolinšek).



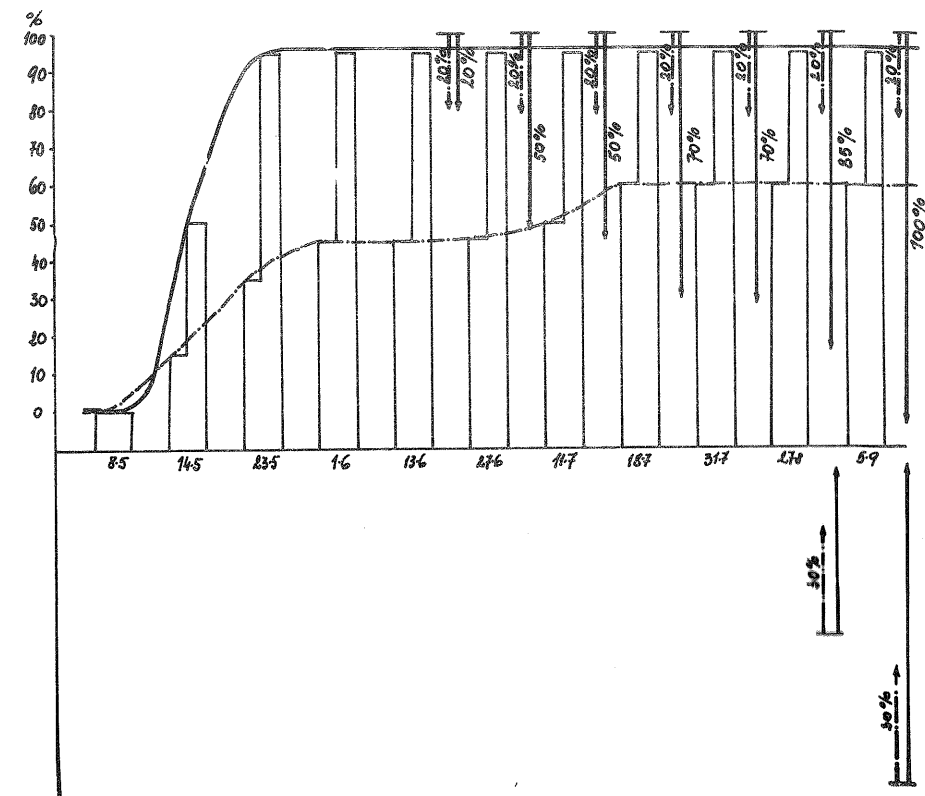
Slika 8 *Fagus sylvatica* L. - bukev  
Napredovanje ožigov (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973  
( - - - ) Plato, ( — ) kmetija Dolinšek, ↓ % = odpadanje I. listov v %, ↑ % = ponovno olistanje II.

Fig. 8 *Fagus sylvatica* L - beach-tree  
Time course of damages on the leaves (in percents) from 8th May to 5th September 1973 (surroundings of the farm Dolinšek, Plato, ↓ % fall of leaves, ↑ % getting new leaves).



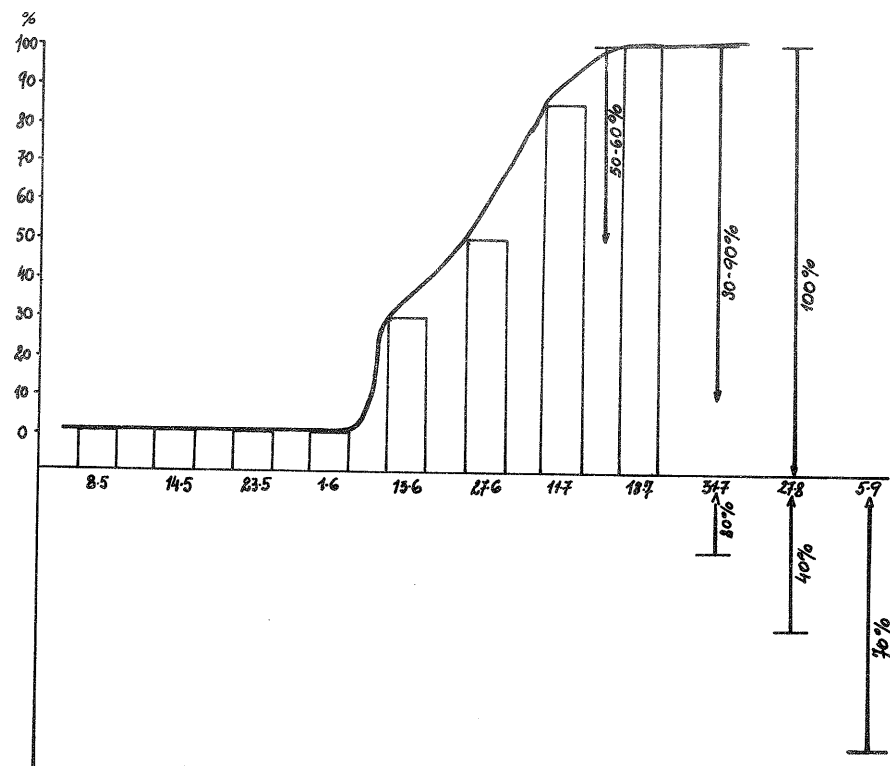
Slika 9 Quercus robur L. - hrast dob  
Napredovanje ožigov (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973  
(---) Plato, (—) kmetija Dolinšek, ▨ ožig na II. listih, ↑ % = ponovno olistanje II.

Fig. 9 Quercus robur L - oak-tree  
Time course of damages on the leaves (in percents) from 8th May to 5th September 1973 (surroundings of the farm, Plato, ▨ damages on the young leaves, ↑ % getting new "secondary" leaves).



Slika 10 Fraxinus ornus L. - mali jesen  
Napredovanje ožigov (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973  
(---) Plato, (—) kmetija Dolinšek, ▨ % = odpadanje I. listov, ↑ % = ponovno olistanje II.

Fig. 10 Fraxinus ornus L - ash-tree  
Time course of damages on the leaves (in percents) from 8th May to 5th September 1973 (surroundings of the farm, Plato, ▨ % fall of primary leaves, ↑ % getting new "secondary" leaves).



Slika 11 *Tilia platyphyllos* Scop. - lipa  
Napredovanje ožigov (v %) v obdobju od 8.5. do 5.9.1973  
( — ) kmetija Dolinšek, ↓ % = odpadanje I. listov, ↑ % =  
ponovno olistanje II.

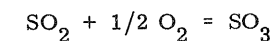
Fig. 11 *Tilia platyphyllos* Scop. - lime-tree  
Time course of damages on the leaves (in percents) from  
8th May to 5th September 1973 (the farm Dolinšek, ↓ %  
fall of primary leaves, ↑ % getting new "secondary" leaves).

#### CITOLOŠKO-HISTOLOŠKE SPREMEMBE V LISTIH

Izkazalo se je, da je naše vizuelno opazovanje ožigov na listih pregrobo in nenatančno, saj nam pokaže le del procesnih efektov, to je sprememb v barvi. Zato so nam na biološkem oddelku medicinske fakultete pripravili nekaj trajnih mikroskopskih preparatov trepetlike.

List trepetlike smo izbrali zaradi dokajšnje rezistence tega listavca. Prereze smo delali skozi tisti del lista, ki je imel ob presvetlitvi svetlejšje pege. Le-te so dale slutiti notranje poškodbe. Pri preseku skozi zdrav del lista ne opazimo nikakršnih sprememb, nasprotno pa se pri obolelem delu vidijo: zgornja epidermida je upognjena, sredica lista je stlačena, celice so tako amorfne in upognjene, da jih je težko razpoznati. Prevajalni del lista - žile, so skrčene in stisnjene, zato je prevajanje sokov zmanjšano. Celotno notranje tkivo je skrčeno na polovico prvotne debelosti, epidermalne celice se skrcknejo tako, da se stranske pokončne membrane sesedejo. Celične stene listne sredice - mezofila se zgubajo včasih tako močno, da pride celo do pretrganja membran zaradi krivljenja in enostranskega potega. Posledica neenakomerne notranje napetosti so vse spremembe tako v obliki, kakor tudi zgradbi celičnih tkiv. Histološki pregled je pokazal, da so najbolj občutljive celice palisadnega sloja. Pri listih, kjer je palisadna plast slabo ali sploh ni razvita, se poškodbe pojavljajo v gobastem tkivu. Do sprememb barve lista pride zaradi propada klorofilnih zrn. Kloroplasti se raztopijo in dajejo s citoplazmo homogeno maso, ki se nazadnje obarva rjavo. Končno se obarva še celična membrana. Vse te morfološke in anatomske spremembe so odsev fiziološkega učinka  $SO_2$  na rastline /1, 4/.

$SO_2$  iz atmosfere prodira skozi listne pore in le deloma skozi epidermido v mezofil lista. V celicah poteka počasna oksidacija sulfidnega žvepla v sulfatno obliko po enačbi:



Maksimalne koncentracije, ki jih celica še lahko prenese, so za različne rastlinske vrste precej enake (vrednosti teh koncentracij, ki so znane iz literature, so dobljene v laboratoriju in v prosti naravi ne veljajo). Celice se najprej inaktivirajo in končno odmrejo. Če je več celic poškodovanih se uniči tkivo in nastanejo karakteristične lise na listih. Višje koncentracije  $SO_2$  in še zlasti hitro dotekanje v list, povzročajo akutne poškodbe in se opazijo na listih kot rdečkastorjave pege (zaradi raztrganih celic). Poškodovani deli

listov se nikoli ne regenerirajo, medtem ko nepoškodovani del lista normalno opravlja svoje funkcije. S tem se zmanjšuje celotna asimilacijska površina rastline. Prirastek je močno zmanjšan.

#### FAKTORJI KI POSREDNO VPLIVAJO NA NASTANEK POŠKODB NA RASTLINAH

Biotski: razvojni stadij, individualnost, rezistenca vrste.  
Abiotski: periodika, lokaliteta.

Omenjena delitev je do neke mere upravičena, saj bi na ta način lažje prikazali, kaj lahko še stopnjuje delovanje strupenih plinov - SO<sub>2</sub>. Poudarjamo pa, da so tako biotski kot abiotski faktorji povezani, se dopolnjujejo in vsekakor delujejo skupno.

#### Biotski faktorji:

##### Razvojni stadij:

Mlajše rastline so mnogo bolj občutljive kot v kasnejši dobi. Razvijajoči listi so nežni, kutikularne in epidermalne strukture so nedograjene /1/. To seveda omogoča hitrejše učinkovanje SO<sub>2</sub>. Stomatni aparat (reže) je zaradi rasti celic še slabo izoblikovan in bi menjava pH stanja lahko povzročila slabše zapiranje. Zlasti so občutljivi mladi stadiji listov pri hrastih, dočim so v starosti izredno rezistentni. Prav po tej lastnosti se hrast loči od drugih dreves.

##### Individualna variabilnost:

Variabilnost je v vsem živem neskončna in je v bistvu zakonitost življenja. Na ogroženem predelu smo lahko opazili, da pri isti vrsti in enaki lokaliteti nastopajo individui z različno močnimi ožigi. Tako lahko najdemo grme in drevesa s popolnoma rjavimi listi, pa tudi take z zelenimi in nepoškodovanimi. Iz teh na zunan rezistentnih posameznih rastlinskih oblik bi lahko vzgojili sadike, ki bi bile osnovni sanacijski material.

##### Rezistenca:

Je najpomembnejši faktor /1/. Občutljivost vrste izvira od sposobnosti absorpcije plinov skozi listne reže. Vrste z nežnimi listi ter visoko fiziološko aktivnostjo so občutljivejše od onih, ki imajo me-

snate, trde in odporne liste /1/. Iglavci, ki imajo sicer zavarovane liste, so občutljivejši zaradi akumulacije SO<sub>2</sub>. Vsa skupina ima dvoletne liste najprej poškodovane, dočim enoletni prenesejo znatno višje koncentracije.

#### Abiotski faktorji:

##### Periodika:

Med dnevom dosežejo rastline maksimalno fiziološko aktivnost /2/. Prav v tem času je nevarnost zanje največja. Iz tega vzroka smo na histogramih delili koncentracije, ki so nastopale v nočnem in dnevnem času. Isti pogoji, ki povečujejo absorpcijo plinov, povečujejo tudi občutljivost rastlin. Ti faktorji okolja povzročajo, da so listne reže podnevi odprte, nekaj vrst, ki so aktivne tudi v nočnem času, so občutljive tudi ponoči. Razumljivo je, da so rastline v zimskem času, ko odvržejo liste in je njih aktivnost znatno zmanjšana, skoraj popolnoma neobčutljive za vplive SO<sub>2</sub>.

##### Lokaliteta:

Važen pomen ima lokaliteta zlasti pri nastanku akutnih poškodb. V času opazovanj smo ugotovili, da so rastline na prevetrenih mestih znatno bolj ohranjene od tistih, katerih rastišča so na platojih, v jarkih in manjših udolbinah. Lep primer je resa (*Erica carnea*). Na južnem pobočju Platoja, torej v neposredni bližini imisijskega centra je dobro ohranjena, dočim so nastali nekoliko više na samem Platoju močni ožigi že zelo zgodaj. Vzrok dobri ohranjenosti na eni strani in močnim poškodbam na drugi je lokaliteta. SO<sub>2</sub> in dim se na bolj ali manj golih pobočjih zaradi gibanja zraka zadržuje manj časa kot med drevjem in grmičjem. Iz tega sledi, da imajo velik pomen tudi zračni tokovi.

#### RASTLINSKE ZDRUŽBE NA OGROŽENEM OZEMLJU

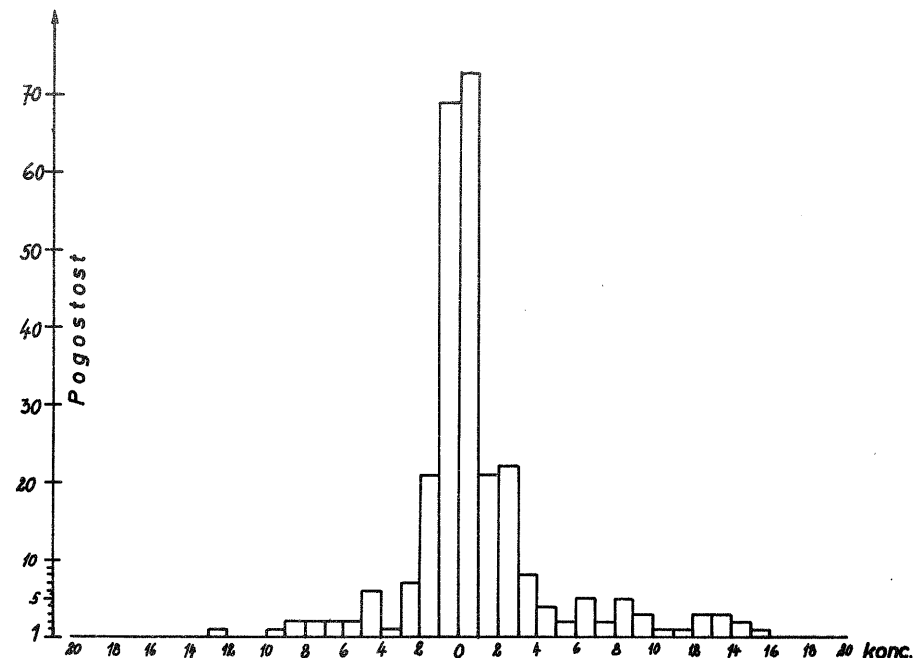
Namen fitosociološke ter sistematske obdelave je bil ugotovitev in beleženje obstoječega stanja, saj bo razvoj tako v progresivni kot v regresivni smeri prinesel izpad vrst in s tem nove spremembe združb.

Izraziteje izoblikovane, pa tudi površinsko dokaj obsežne so 3 družbe, ki se med seboj močno prepletajo in prehajajo ena v drugo /5/. Le združba *Querceto-Ostrietum* se z ostro mejo loči od

Datum M - mesec D - dan	8.5 - 14.5		16.5 - 23.5		23.5 - 1.6		1.6 - 13.6		13.6 - 27.6		27.6 - 11.7		11.7 - 18.7		18.7 - 31.7		31.7 - 27.8		27.8 - 5.9		
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	
0/1	38	40	76	39	36	33	58	65	60	60	69	73	79	38	90	81	101	98	48	44	
1/2	6	11	21	13	14	16	8	32	8	11	21	21	21	22	21	42	40	46	5	2	
2/3	1	10	4	5	3	5	2	12	3	11	7	22	2	11	3	13	18	35	.	1	
3/4	.	3	.	3	3	5	5	8	1	2	1	8	1	7	3	9	4	19	.	2	
4/5	.	3	.	2	.	2	1	3	1	4	3	4	1	4	.	5	4	25	.	.	
5/6	.	5	.	2	1	1	.	2	.	5	2	2	.	3	.	6	5	19	.	1	
6/7	1	1	.	1	1	.	.	4	.	4	2	5	.	4	3	4	1	11	.	.	
7/8	.	3	.	1	.	3	.	1	.	.	2	4	.	2	3	7	1	10	.	2	
8/9	.	2	.	.	.	.	.	3	.	2	2	5	.	1	.	3	1	8	.	2	
9/10	.	2	.	.	.	1	.	1	.	1	1	3	.	.	1	2	.	7	.	.	
10/11	.	1	.	.	.	1	.	5	.	3	.	1	.	1	.	2	.	12	.	.	
11/12	1	.	.	.	.	1	.	2	.	.	.	1	.	1	1	2	.	5	.	.	
12/13	.	2	.	.	.	.	.	1	.	.	1	3	.	1	.	4	.	10	.	1	
13/14	.	3	.	.	.	1	.	1	.	.	.	3	.	.	.	1	.	5	.	.	
14/15	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	.	.	1	2	.	7	.	1	
15/16	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	3	.	1	.	
16/17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	1	5	.	.	
17/18	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	6	.	.	
18/19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	2	.	4	.	.	
19/20	.	.	.	1	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	10	.	.	.	
20/21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

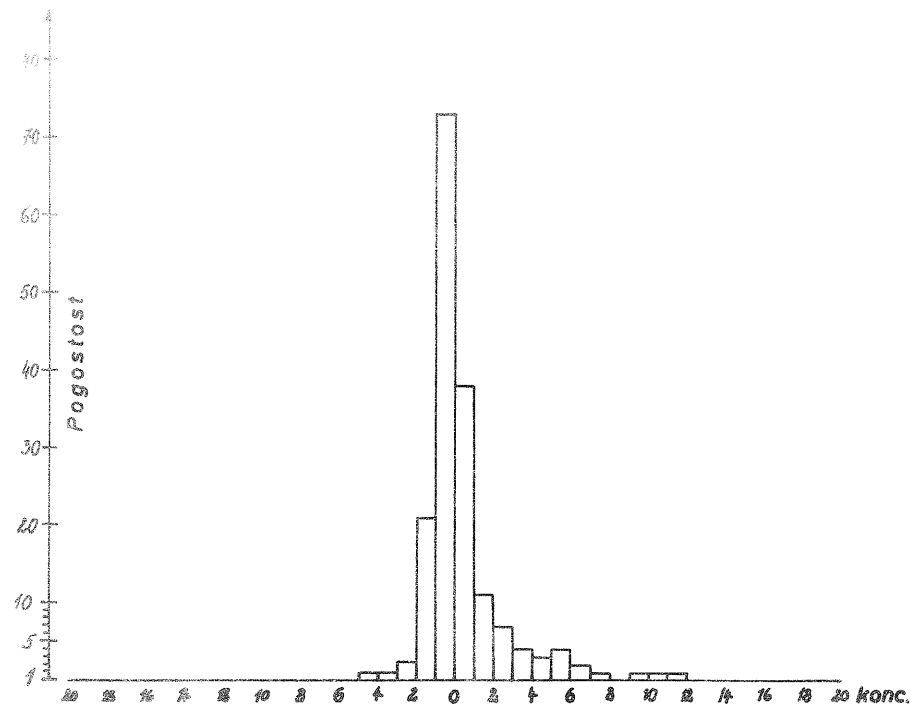
Slika 1 Tabela pogostosti polurnih poprečkov koncentracij SO<sub>2</sub> (mg/m<sup>3</sup>) v različnih časovnih razdobjih.  
D - dnevni interval od 6.00 do 18.00  
N - nočni interval od 18.00 do 6.00

Fig. 1 Frequency of SO<sub>2</sub> concentrations - half an hour's averages at different time intervals.  
D - daily interval 6.00 - 18.00  
N - night interval 18.00 - 6.00



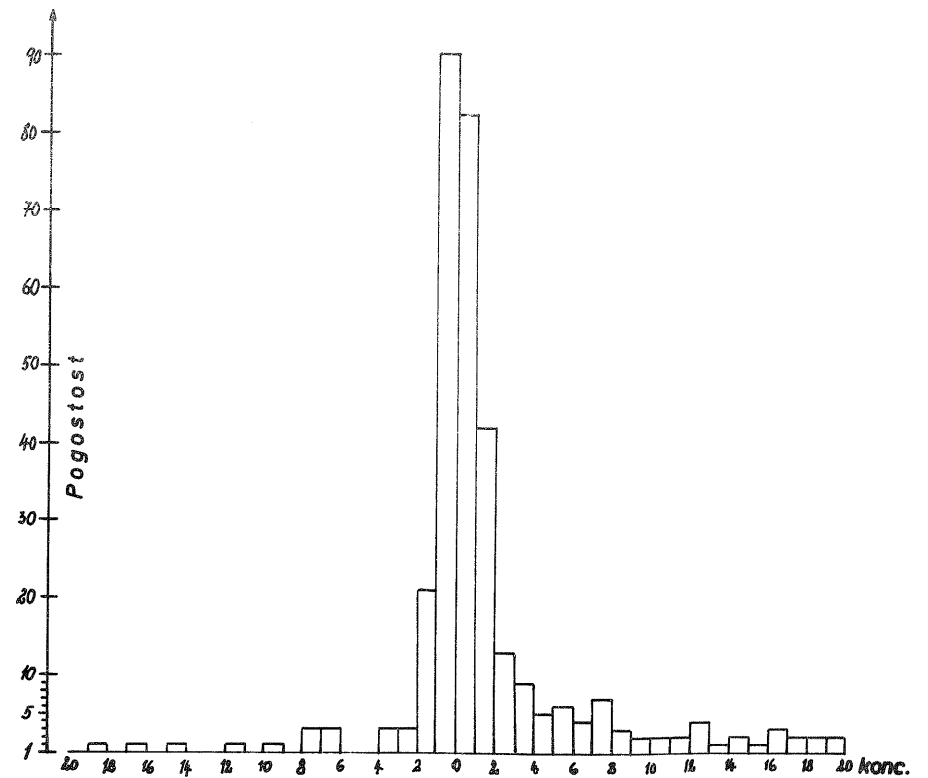
Slika 2 Histogram absolutnih frekvenc polurnih poprečkov koncentracij SO<sub>2</sub> v časovnem intervalu 6.00 do 18.00 in 18.00 do 6.00 v obdobju od 26.6. do 11.7.1973.

Fig. 2 Histogram of the absolute frequencies of SO<sub>2</sub> concentrations - half an hour's averages at different time intervals, viz. 6.00 - 18.00 and 18.00 - 6.00 from 26th June to 11th July 1973.



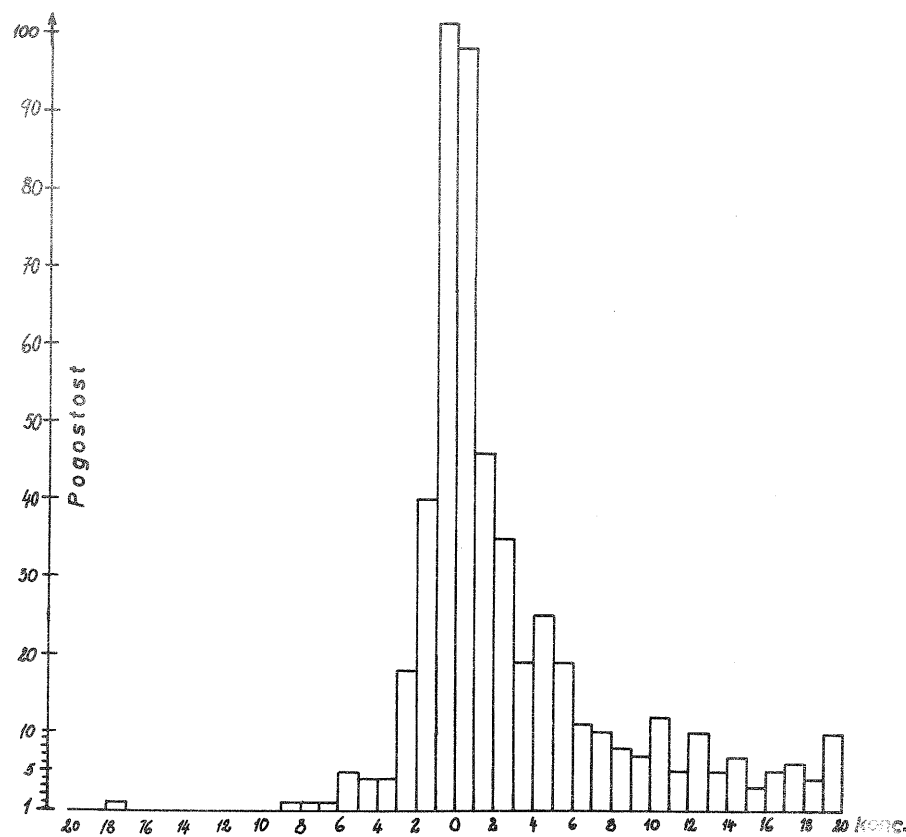
Slika 3 Histogram absolutnih frekvenc polurnih poprečkov koncentracij  $\text{SO}_2$  v časovnem intervalu 6.00 do 18.00 in 18.00 do 6.00 v obdobju od 11.7. do 18.7.1973.

Fig. 3 Histogram of the absolute frequencies of  $\text{SO}_2$  concentrations - half an hour's averages at different time intervals, viz 6.00 - 18.00 and 18.00 - 6.00 from 11th July to 18th July 1973.



Slika 4 Histogram absolutnih frekvenc polurnih poprečkov koncentracij  $\text{SO}_2$  v časovnem intervalu 6.00 do 18.00 in 18.00 do 6.00 v obdobju od 18.7. do 31.7.1973.

Fig. 4 Histogram of the absolute frequencies of  $\text{SO}_2$  concentrations - half an hour's averages at different time intervals, viz. 6.00 - 18.00 and 18.00 - 6.00 from 18th July to 31th July 1973.



Slika 5 Histogram absolutnih frekvenc polurnih poprečkov koncentracij  $\text{SO}_2$  v časovnem intervalu 6.00 do 18.00 in 18.00 do 6.00 v obdobju od 31. 7. do 27. 8. 1973.

Fig. 5 Histogram of the absolute frequencies of  $\text{SO}_2$  concentrations - half an hour's averages at different time intervals, viz. 6.00 - 18.00 and 18.00 - 6.00 from 31th July to 27th August 1973.

sosednje, Haquetio-Fagetum var. Epimedietosumom, to je združbe bukke s podrastjo, ki jo gradita tevje in vimček.

#### Querceto-Ostrietum:

je združba hrastov in črnega gabra. Lepo je razvita na južnem pobočju kote 483. Zahteva toplejšo mikroklimo, zlasti v času intenzivne rasti. Tu so tla plitva, humus je spran v nižje sloje. Rastline, ki tu uspevajo, imajo slabo razvit koreninski sistem v vertikalni smeri, zato ne ustvarjajo kvalitetnega rastlinskega pokrova, ki bi lahko preprečeval drsenje tal.

Pogostni so termofilni elementi /5, 3/; *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens*, *Ostrya carpinifolia*, *Acer obtusatum*, *Crataegus oxyacantha*. Veliko je trepetlik, ki pa so razvite le v grmasti obliki, kar je pravzaprav značilno za vse lesnate predstavnike. Najbolj pogostna pritalna rastlina je *Sesleria* sp., poleg te nastopajo še šaši in polgrmiči (resa). Na samem robu je lepo razvit grm kalina. Da smo se posebej ustavili pri tej združbi, je vzrok predvsem v njeni pomembnosti, saj grozi temu pobočju propad že v bližnji prihodnosti. Če izgine še ta skromna vegetacija, bi postalo drsenje tal velika nevarnost za vso dolino.

Gospodarsko pomembni so Fagetumi, to so združbe bukev in različnih oblik podrasti.

#### Haquetia-Fagetum var. Epimedietosum:

Lepo razvita združba bukke s podrastjo, ki jo sestavljata v glavnem tevje in vimček /5, 3/. Najdemo jo na sedlastem predelu kote 483 ter nad severozahodnem pobočju Visokega (kota 551).

#### Chepalantero-Fagetum:

je gozdna združba, ki jo sestavljajo bukke z manjšimi dodatki drugih listavcev ter s podrastjo gozdne naglavke /5, 3/. Našli smo dve vrsti naglavk: *Cephalantera damasonium* ter *C. rubra*. Pogosto zastopani sta travi *Calamagrostis epigeios* in *C. lanceolata*.

Za vse združbe je značilno, da se sestavine podrasti močno mešajo med seboj.

Po pripovedovanju domačinov sta bila na teh vzpetinah pred 30 leti

in prej pogostna smreka in bor. Pri pregledu terena smo našli le nekaj iglavcev, ki so bolj skoncentrirani desno od naselja Prapretno. Menimo, da je bila sestava takratnega gozda, torej pred postavitvijo termoelektrarne, zlasti pa pred letom 1938, podobna še danes obstoječim okoliškim gozdovom (ena izmed oblik Piceetuma). Rezultat emisij SO<sub>2</sub> ter drugih dimnih plinov je sprememba združb. Torej ne propade samo posamezna vrsta, ampak se spremeni asociacija. Danes zasledimo iglavce šele na Dobovcu, pa tudi ti že kažejo poškodbe in razvojne nepravilnosti, ter pri naselju Dol, kjer so iglavci močnejša primes listavcem.

#### SKLEPI

Naša opazovanja vegetacije v industrijskem rajonu Zasavja so pokazala, da se je pokrajina zaradi vpliva SO<sub>2</sub> močno spremenila. Z gozdnih predelov, ki so vsebovali precej iglavcev, so ostale do danes le redke bukove hoste ali celo goličave. Vegetacija še vedno propada in je njeno prihodnje stanje zaskrbljujoče.

Ker je to območje dokaj hribovito, bodo potrebni koreniti sanacijski ukrepi, saj bi propad vegetacije povzročil nevarnost za vso dolino Save med Termoelektrarno Trbovlje in Hrastnikom.

#### LITERATURA

- /1/ Berge H.: Phytotoxische Immissionen. Berlin 1963
- /2/ Janković M.M.: Fitoekologija sa osnovama fitocenologije i pregledom tipova vegetacije na zemlji. Naučna knjiga, Beograd 1963; str. 70-168, str. 245-283.
- /3/ Martinčič A., Sušnik F.: Mala flora Slovenije, Ljubljana 1969.
- /4/ Godzig S., Knabe W.: Vergleichende elektronenmikroskopische Untersuchungen der Feinstruktur von Chloroplasten einiger Pinus-Arten aus den Industriegebieten in der Ruhr und in Oberschlesien. Proceedings, of the third international clean air Congress, Düsseldorf, Federal Republic of Germany 1973.
- /5/ Maček J., Paradiž B., Šolar M., Zupančič T.: Ugotovitve o onesnaženosti zraka v Zasavju, vzrokih in posledicah. Elaborat HMZ 1972; str. 111-137.