



Europska unija  
Zajedno do fondova EU



EUROPSKI STRUKTURNI  
I INVESTICIJSKI FONDOVI



Operativni program  
**KONKURENTNOST  
I KOHEZIJA**

# ISTRAŽIVANJE UTJECAJA KLIMATSKIH PROMJENA NA RAZVOJ PLIJESNI, MIKOTOKSINA I KVALITETU ŽITARICA S PRIJEDLOGOM MJERA (K.K.05.1.1.02.0023)



Stvaramo zdraviju budućnost



prehrambena  
biotehnološki  
fakultet

Sveučilište  
u Zagrebu



Projekt financiran iz Europskog  
fonda za regionalni razvoj

**Posredničko tijelo razine 1:**

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike

**Posredničko tijelo razine 2:**

Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

**Nositelj projekta:**

Nastavni zavod za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“

**Partneri na projektu:**

Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Farmaceutsko-biokemijski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

*Fotografija naslovnice: Privatna zbirka fotografija Odjela za zdravstvenu ispravnost i kvalitetu hrane i predmeta opće uporabe, snimljenih prilikom uzorkovanja uzoraka za potrebe provedbe Projekta.*

**Voditelj projekta:**

Prof. dr. sc. Jasna Bošnjir, dipl. ing.

Prvi istraživač na projektu:

Dr. sc. Dario Lasić, dipl. ing.

Drugi istraživač na projektu:

Dr. sc. Martina Ivešić, dipl. ing.

**Dionici projekta:**

Ministarstvo poljoprivrede RH

Ministarstvo zdravstva RH

Državni inspektorat

Poljoprivredni institut Osijek

Hrvatske Šume d.o.o.

Trgo-invest d.o.o.

**Projektni tim:**

Dr. sc. Martina Bevardi (NZJZ AŠ)

Danijel Brkić, dipl. ing. (NZJZ AŠ)

Maja Budeč, dipl. ing. (NZJZ AŠ)

Jasenka Šabarić, dipl. ing. spec. univ. ekoing. (NZJZ AŠ)

Tomislav Ivanković, kem. teh. (NZJZ AŠ)

Dr. sc. Srđan Milovac (NZJZ AŠ)

Ivana Prskalo, dipl. ing. univ. spec. (NZJZ AŠ)

Sonja Serdar, dipl. ing. (NZJZ AŠ)

Ana Novak, dipl. sanit.ing. (NZJZ AŠ)

Prim. dr. sc. Matijana Jergović, dr. med. (NZJZ AŠ)

Dr. sc. Adela Krivohlavek, dipl. ing. (NZJZ AŠ)

Prof. dr. sc. Ksenija Markov (PBF)

Dr. sc. Željko Jakopović (PBF)

Prof. dr. sc. Maja Šegvić - Klarić (FBF)

Dr. sc. Danijela Jakšić (FBF)

Brošura je namijenjena svima koji se bave proizvodnjom, prometom i skladištenjem žitarica. U brošuri su opisane mjere za zaštitu žitarica i izrađeni algoritmi, koji za cilj imaju sprečavanje nastanka plijesni i mikotoksina te očuvanje kvalitete zrna žitarica.

Nastavni zavod za javno zdravstvo „ Dr. Andrija Štampar“

Mirogojska cesta 16

10000 Zagreb

[www.stampar.hr](http://www.stampar.hr)

Više informacija o EU fondovima:

[www.strukturnifondovi.hr](http://www.strukturnifondovi.hr)

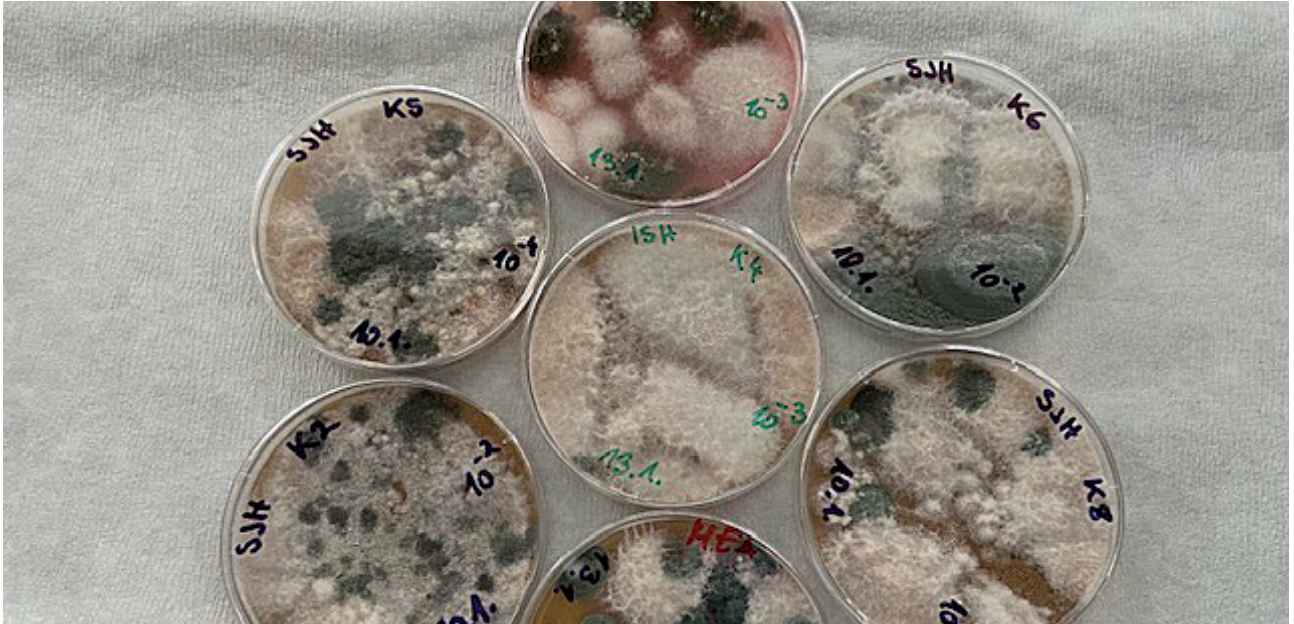
[www.razvoj.gov.hr](http://www.razvoj.gov.hr)

Zagreb, ožujak 2023.

Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Nastavnog zavoda za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“



# ŠTO SU MIKOTOKSINI I KAKO NASTAJU?



*Izvor: Privatna zbirka fotografija laboratorija Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu snimljenih prilikom obrade uzoraka za potrebe provedbe Projekta.*

**Mikotoksini** (*mykes* - grč. gljiva, *toxikon* - grč. otrov) su sekundarni produkti metabolizma koje neke od plijesni sintetiziraju tijekom rasta na supstratima biljnog i životinjskog porijekla. To su kemijski spojevi različite strukture i različitog biološkog učinka, u pravilu bez boje, okusa i mirisa. Vrlo su stabilni i u pravilu otporni na povišene temperature. Od dvjestotinjak do sada poznatih mikotoksina, kao kontaminanti hrane najznačajniji su: aflatoksini, okratoksin A, zearalenon (ZON), deoksinivalenol (DON), fumonizini, trihoteceni i patulin.

Pojavnost mikotoksina ovisi o vrsti plijesni, klimatskim uvjetima, te okolišnim uvjetima kao što su temperatura (-5 do 60°C), sadržaj vode u namirnici (13% i više), koncentracija plinova u atmosferi, relativna vlaga zraka i vlaga tla, sastav namirnice, primjena fungicida i sl.

Znatno veće koncentracije mikotoksina javljaju se tijekom vlažnih ili suhih vremenskih razdobljima, a mogu se pojaviti u svim dijelovima proizvodnje hrane i hrane za životinje tijekom rasta na polju, u vrijeme žetve, tijekom transporta i skladištenja. Najčešći izvori mikotoksina u hrani su žitarice i proizvodi od žitarica, kao što su brašno, tjestenina i kruh, a nalaze se i drugim vrstama hrane kao što su mahunarke, riža, mlijeko i mliječni proizvodi, kava, suho voće, vino, pivo, sokovi, začini i čajevi, te meso i sušeni mesni proizvodi.

Primarnim metabolizmom plijesni nastaju tvari potrebne za njihov rast, dok sekundarnim metabolizmom nastaju mikotoksini. Mikotoksine produciraju toksikotvorne plijesni, među kojima su najznačajnije one iz rodova *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* i *Claviceps*. Toksikotvorne plijesni na žitaricama se mogu podijeliti u tri skupine:

1. **Plijesni polja** – nalaze se na ratarskim kulturama u polju, a za rast im je potrebna veća količina vlage (rodovi *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium* i *Rhizopus*)
2. **Plijesni skladišta** koje se nalaze na zrnju žitarica za vrijeme skladištenja, nakon žetve. Za njihov rast potrebna je manja količina vlage (rodovi *Penicillium*, *Aspergillus* i *Mucor*)
3. **Plijesni uznapredovalog** kvarenja koje rastu na oštećenom zrnju (rodovi *Fusarium* i *Chaetomium*)

Okolišni uvjeti koji pogoduju produkciji većine mikotoksina su temperatura u rasponu od 20 do 30 °C, udio vlage u supstratu iznad 13 % te aktivitet vode veći od 0,65 (Kabak i sur., 2006.; Delaš, 2010.). Produkciji aflatoksina pogoduju temperature više od 30 °C, a T-2/HT-2 toksinima uglavnom oko 15 °C. Stoga je geografska rasprostranjenost mikotoksina ovisna o klimatskim uvjetima koji mogu pogodovati rastu toksikotvornih plijesni te njihova pojavnost ima godišnje oscilacije po regijama svijeta.

Poznata je visoka kontaminacija usjeva mikotoksinima prouzročena dugim kišovitim razdobljima s izraženim temperaturnim promjenama, a posebno u osjetljivoj fazi klasanja (metličanja) i razvoja zrnja žitarica.

## ZAŠTO SU MIKOTOKSINI ŠTETNI ZA ZDRAVLJE I KOJI SU GLAVNI IZVORI MIKOTOKSINA?

Uz značajne štete koje uzrokuju gospodarstvu, mikotoksini su uzročnici bolesti mikotoksikoza, koje se najčešće prenose preko hrane, a rjeđe respiratornim putem. Mikotoksikoze u ljudi i životinja mogu biti akutne, kao posljedica jednokratnog uzimanja namirnica s visokom koncentracijom mikotoksina i/ili kronične, nastale konzumiranjem namirnica s umjerenim do niskim koncentracijama mikotoksina tijekom dužeg vremenskog perioda i povezuju se s malignim bolestima.

Akutne mikotoksikoze uzrokuju unutarnja krvarenja, oštećenje bubrega i jetre te se pojavljuju u zemljama lošeg socijalno-ekonomskog stanja zbog lošeg poljoprivredno-veterinarskoga standarda.

Glavni izvor mikotoksina u prehrani ljudi su različite žitarice i proizvodi na bazi žitarica, začini, orašasti plodovi te proizvodi životinjskog podrijetla. Općenito je najveća razina kontaminacije karakteristična za kukuruz, budući da nutritivni sastav ove žitarice posebno pogoduje razvoju plijesni i produkciji mikotoksina, dok je najniža u riži.



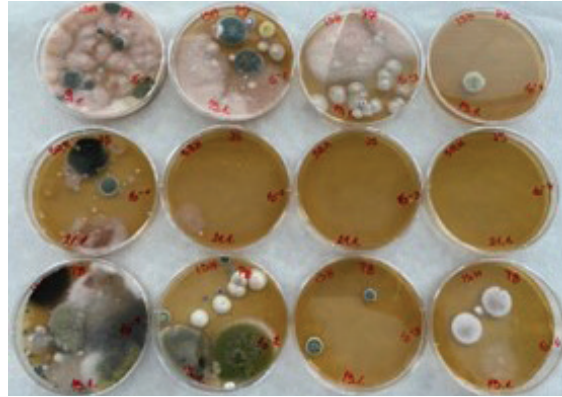
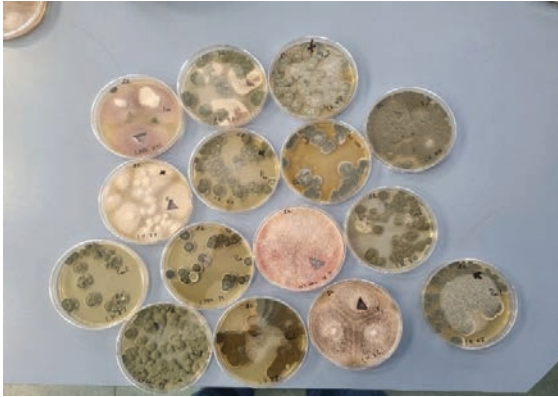
## Utjecaj klimatskih promjena na nastajanje mikotoksina



*Izvor: Privatna zbirka fotografija Odjela za zdravstvenu ispravnost i kvalitetu hrane i predmeta opće uporabe snimljenih prilikom uzorkovanja uzoraka za potrebe provedbe Projekta (polje pšenice, kukuruza i ječma).*



## Vrste mikotoksina i plijesni koje ih produciraju



Izvor: Privatna zbirka fotografija laboratorija Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu snimljenih prilikom obrade uzoraka za potrebe provedbe Projekta

**Aflatoksini (AFT)** su prirodni mikotoksini koje proizvode mnoge vrste gljiva, kao što su one iz roda *Aspergillus*, od kojih su najznačajnije *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus*. Aflatoksini su otrovni i najkancerogenije poznate supstance. Aflatoksini se stvaraju na polju i tijekom skladištenja, a najčešće u kukuruzu, sezamu, kikirikiju, pamuku, riži, pistacijama, sjemenkama tikve, bademima, lješnjaku, suncokretu, soji, sušenom voću, začinima, mlijeku i mliječnim proizvodima i mesu.]

**Okratoksini (OTA)** su skupina mikotoksina koji nastaju uglavnom tijekom skladištenja zrna, a produciraju ih plijesni iz roda *Penicillium* i *Aspergillus*, rasprostranjenih širom svijeta. Najtoksičniji i najčešći mikotoksin je okratoksin A sintetiziran iz plijesni *Aspergillus ochraceus* i *Penicillium viridicatum*. Okratoksin A otkriven je kao metabolit *Aspergillus ochraceus*, a pronađen je u zobi, ječmu, pšenici, zrnu kave i drugim proizvoda za ljudsku i životinjsku potrošnju.

**Citrinin** je mikotoksin kojeg sintetizira nekoliko vrsta plijesni iz rodova *Penicillium*, a u najvećim količinama *Penicillium citrinum*. Navedena plijesan široko je rasprostranjena

i može se izolirati iz bilo koje pljesnive hrane za ljude i hrane za životinje. Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC) svrstala je citrinin u treću skupinu karcinogenih spojeva, što upućuje na nužnost provedbe daljnjih toksikoloških studija. Pojavnost citrinina dokazana je u različitim vrstama žitaricama i njihovim proizvodima u grahu, voću, sokovima od voća i povrća, vinu, bilju i začинима, maslinama i pljesnivom siru.

**Deoksinivalenol (DON)** je mikotoksin kojeg proizvode plijesni roda *Fusarium* (*F. graminearum* i *F. culmorum*). Najčešće nastaje na polju, ali može nastati i tijekom skladištenja te je u velikoj mjeri otporan na preradu. Uglavnom se pojavljuje u zrnima žitarica kao što su kukuruz, pšenica i ječam, rjeđe kod zobi, raži i riže. Pojavljuje se u područjima s umjerenom klimom, kakva je obično prisutna u Europi. Kontaminacija usjeva s plijesnimima iz roda *Fusarium* ovisi o vremenskim uvjetima, a pogoduje joj visoka vlažnost u vrijeme cvatnje biljke. Otporan na toplinsku obradu, stoga se može naći u proizvodima od žitarica kao što su proizvodi od brašna, kukuruzne pahuljice, hrana za dojenčad, slad, pivo, a sušenje uroda nakon žetve ne utječe na razinu DON-a u zrnu.

**Zearalenon (ZON)** pripada u skupinu makrocikličnih laktona. Izoliran je 1962. godine iz kulture plijesni *Giberella zeae*, koja je spolni stadij plijesni *Fusarium graminearum*. Zearalenon dolazi kao metabolit plijesni *Fusarium roseum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium tricinctum* i *Fusarium moniliforme*. Zearalenon kao i njegovi metaboliti poznati su po estrogenim i anaboličkim svojstvima

**Fumonizini (FUM)** - su sekundarni metaboliti koje sintetiziraju plijesni iz roda *Fusarium verticillioides*, *Fusarium proliferatum* i *Fusarium moniliforme*. Otkriće ove skupine mikotoksina povezano je s istraživanjem pojave leukoencefalomalacije u konja. Ovisno o broju i smještaju hidroksilnih skupina razlikujemo Fumozin B1 , B2 i B3 . Fumozin B1 (FB1 ) je najtoksičniji predstavnik ove skupine mikotoksina. Najčešći izvor fumonizina je kukuruz i proizvodi na bazi kukuruza, zatim riža i ječam, a često se može naći u kombinaciji s drugim mikotoksinima.

**T-2 i HT-2 toksin** - najtoksičniji je predstavnik trihotecenskih mikotoksina tipa A. Sekundarni je produkt metabolizma plijesni roda *Fusarium*. Često ga nalazimo u žitaricama i hrani za životinje. Prvi put je izoliran iz plijesni *Fusarium tricinctum*, a produciraju ga plijesni iz roda *Fusarium* u širokom temperaturnom rasponu od 0-32 °C uz maksi-

malnu produktivnost ispod 15 °C. Nehlapljiv je i termostabilan te ga je teško suzbiti u proizvodnji hrane. Zagrijavanjem 30 - 40 minuta na 200-210 °C dolazi do njegove inaktivacije.

Zajedničko svojstvo trihotecenskih mikotoksina, pa tako i T-2 toksina, je niska molekulska masa, osnovna prstenasta struktura i karakteristična 12,13-epoksidna grupa, koja je odgovorna za njihovu toksičnost. T-2 toksin je nehlapljiva i termostabilna molekula koju je teško suzbiti u proizvodnji hrane. Otporan je na djelovanje topline i UV zraka te se vrlo teško inaktivira tijekom uobičajenih postupaka prerade hrane. T-2 toksin se razgrađuje zagrijavanjem pri temperaturama od 200-210 °C tijekom 30-40 minuta. Kontaminira žitarice i krmiva (zob, ječam, pšenica, raž, kukuruz), proizvode na bazi žitarica i krmnih smjesa. HT-2 toksin - glavni je metabolit T-2 toksina, a istraživanja upućuju na moguće sinergističke učinke T-2 i HT-2 toksina s drugim mikotoksinima.

**Patulin** je mikotoksin kojeg proizvode određene vrste plijesni, kao što su *Penicillium*, *Aspergillus* i *Byssochlamys*, a koje mogu rasti na različitim vrstama namirnicama uključujući voće, žitarice i sir, stoga se patulin može pronaći u mnogim namirnicama, ali češće je prisutan u voću i povrću, ili njihovim proizvodima, osobito u jabukama i soku od jabuka. Kemijski, patulin je poliketid lakton, relativno mala molekula (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>) koja je topiva u vodi. Najveći proizvođač patulina je plijesan *Penicillium expansum* koja je odgovorna za čestu bolest koja se pojavljuje na jabukama nakon berbe (gnjiljenje, truljenje), odnosno tijekom skladištenja. Istraživanjima je utvrđeno da je u sijenu i slami moguće naći niz toksinogenih vrsta plijesni poput *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*, a posljedično tome u nedovoljno osušenom sijenu i slami moguće je pronaći veliki broj mikotoksina koji uključuju i patulin, aflatoksine i sterigmatocistin.

# PREPORUKE ZA SUZBIJANJE MIKOTOKSINA

Kako bi se ublažile pojave mikotoksina u hrani i hrani za životinje potrebno je koristiti sustave dobre proizvođačke prakse, dobre higijenske prakse i dobre prakse u skladištima uz primjenu HACCP (engl. *Hazard Analysis Critical Control Points*) programa u svim fazama proizvodnje kukuruza, pšenice i ječma. Važno je istaknuti da niti jedna od metoda neće u potpunosti spriječiti kontaminaciju žitarica mikotoksinima.

**Predžetvene mjere:** Predžetvene mjere pripadaju u preventivne mjere koje je potrebno provoditi već na polju s obzirom na to da su žitarice vrlo podložne za razvoj i rast gljivica, a najučinkovitija metoda za suzbijanje mikotoksina je suzbijanje rasta i razvoja gljivica na polju. Navedenom metodom se smanjuje produkcija mikotoksina na žitaricama, a ujedno se doprinosi povećanju otpornosti žitarica i pojedinih njihovih sorti, a što se postiže dobrom poljoprivrednom praksom. Jedan od izbora za sprječavanje razvoja i širenja mikotoksina na polju je korištenje fungicida. Kod navedenog postupka fumigacije, potrebno je voditi računa o tome da sve vrste plijesni nisu jednako osjetljive na pojedini fungicid, odnosno fungicid ne djeluje jednako učinkovito na sve vrste plijesni.

U svrhu sprečavanja prenošenja plijesni iz jedne u drugu vegetacijsku sezonu, kao preventivna mjera preporučuje se plodosmjena kojom će se prekinuti lanac prenošenja plijesni, a time i mikotoksina. U tu svrhu preporučuje se npr. izmjena kukuruza s djetelinom ili sličnim travama čime će se ublažiti pojava plijesni iz roda *Fusarium sp.* Od ostalih postupaka koji se mogu primjenjivati kod pred žetvenih mjera, a koji će smanjiti kontaminaciju žitarica mikotoksinima, su ranija sjetva žitarica, sijanje otpornih sorti, dublje oranje i navodnjavanje kod sušnih perioda, pravilna gnojidba, suzbijanje korova te ranija berba žitarica. Od svih žitarica koje se siju i uzgajaju u Republici Hrvatskoj najizloženiji je kukuruz. Najčešće je izložen aflatoksinima pa bi kao preventivnu mjeru trebalo koristiti navodnjavanje i to osobito u sušnim godinama kao mjeru koja bi umanjila rast plijesni *Aspergillus flavus* i *Aspergillus Parasiticus*.



**Mjere tijekom žetve:** Kod provođenja mjera tijekom žetvenog postupka, potrebno je spriječiti mehaničko oštećenje zrna tijekom ubiranja, transporta i sušenja, a ako dođe do takvih oštećenja, potrebno je takva zrna fizički ukloniti. Preporučuje se kombajn namjestiti tako da uzrokuje što manja oštećenja zrna, a ako se berba provodi ručno, potrebno je ukloniti oštećene i pljesnive žitarice. Također je potrebno ukloniti nerazvijena i tamno obojena zrna, a kao mjere još se preporučuju prosijavanje i sušenje žitarica prije skladištenja. Prije sušenja žitarica potrebno je provesti aspiraciju zrna (postupak uklanjanja prašine, sitnih čestica i drugih dijelova iz ukupne mase žitarica tijekom premještanja i pomoću struje zraka), uklanjanje prašine i nečistoća, uklanjanje lomljivih i napuklih zrna te postupak abrazije radi smanjenja koncentracije mikotoksina na zrnu.

**Mjere u skladištu i silosima:** Kako bi se izbjegli problemi s nastankom i širenjem mikotoksina u žitaricama, potrebno je izbjegavati nakupljanje vlage u skladištima, osigurati neometan protok zraka te osigurati njihovo redovito prozračivanje. Između skladištenja različitih žitarica, potrebno je temeljito pregledati i očistiti skladište i silose te ih prazniti tako da se najprije uzima hrana koja je prva uskladištena. Prije skladištenja žitarica potrebno je izvršiti njihovo čišćenje, sušenje i razvrstavanje. Potrebno je u što kraćem roku smanjiti sadržaj vlage u zrnu žitarica kako bi se zaustavio razvoj gljivica, njihova fiziološka aktivnost i sinteza mikotoksina. Za kratkotrajno skladištenje žitarica, zrno je potrebno osušiti na manje od 16% vlage, a kod dugotrajnijeg skladištenja (od 6 do 12 mjeseci), zrno je potrebno osušiti na manje od 14% vlage. Sušenje treba obaviti u roku od 24 do 48 sati nakon berbe, a nakon sušenja potrebno je izbjegavati skladištenje toplog zrna u hladna skladišta, zbog pojave kondenzacije koja doprinosi razvoju plijeni i mikotoksina. Potrebno je redovito pratiti temperaturu i vlažnost zrna, kontrolu insekata, primjenjivati primjerene inhibitore rasta plijesni te uspostaviti detaljan program praćenja kritičnih točaka u skladišnim prostorima i silosima.

# REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Prikaz rezultata istraživanja dobivenih provedbom projekta „**Istraživanje utjecaja klimatskih promjena na razvoj plijesni, mikotoksina i kvalitetu žitarica (K.K.05.1.1.02.0023)**“

Prikupljeni su uzorci kukuruza (N=150), pšenice (N=150) i ječma (N=150) tijekom dva vegetacijska perioda (srpanj), dva perioda tijekom odnosno neposredno nakon žetve (prosinac) i dva perioda skladištenja (ožujak) u razdoblju od dvije godine (2020. – 2022.), u tri područja Hrvatske (središnja – SRH, istočna – ISTH i sjeverna – SJH). Mikološka analiza je provedena metodom razrjeđenja na dvije hranjive podloge uključujući Dikloran agar s 18% glicerola (DG-18), pogodan za kserofilne vrste plijesni, i Dikloran agar s rose-bengalom i kloramfenikolom (DRBC) za plijesni koje zahtijevaju aktivitet vode u podlozi veći od 0.95. Srednje koncentracije plijesni na žitaricama iz perioda vegetacije i žetve kretale su se oko 104 – 105 CFU/g, na DG-18 i DRBC, dok su srednje vrijednosti plijesni na žitaricama iz skladišta brojili i do 107 CFU/g. Najveće koncentracije zabilježene su na uzorcima kukuruza, posebice iz skladišta u svim regijama uzorkovanja, dok su uzorci pšenice i ječma bili podjednako kontaminirani. Nisu zabilježene značajne razlike u razini kontaminacije žitarica s obzirom na regiju uzorkovanja.

Iz dobivenih rezultata je vidljivo da bez obzira na mjesto uzorkovanja i vrstu žitarica tijekom rasta žitarica u polju nakon prve godine uzorkovanja prevladavaju tzv. „plijesni polja“ koje rastu na žitaricama na polju prije žetve, a to su uglavnom vrste iz rodova *Alternaria* i *Fusarium*. Međutim, u uzorcima iz druge godine trajanja projekta vidljiva je pojavnost većeg broja rodova plijesni među kojima dominira *Mucor sp.*, a uočena je i visoka pojavnost kvasaca koji se javljaju u oko 60% uzoraka žitarica.

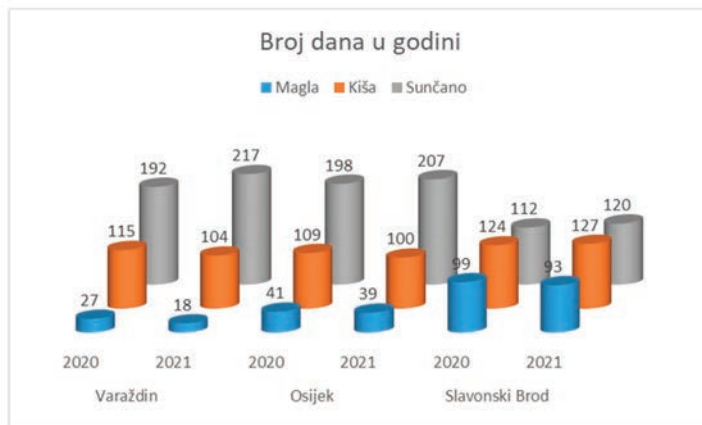
Iz dobivenih rezultata istraživanja, neovisno o godini i mjestu uzorkovanja, vidljivo je da su dominantne vrste plijesni iz rodova *Penicillium* utvrđene u gotovo 100% uzoraka, a zatim slijede vrste iz rodova *Fusarium* (20-100%), *Aspergillus* (10-90%), *Acremonium* (10-80%), *Cladosporium* (20-80%), te *Paecilomyces*, *Alternaria*, *Phoma*, *Auerobasidium*, *Mucor*, *Rhizopus* (10-20%). Osim plijesni nađeni su i kvasci (20-100%, najviše na DRBC) i to sa značajnijom učestalošću i koncentracijom u uzorcima sakupljenim nakon žetve, što bi se moglo povezati sa sadržajem vlage u žitaricama. Vrste iz roda *Fusarium*, te vrste iz roda *Penicillium* sa znatno većom učestalošću nađene u uzorcima kukuruza iz skladišta. Vrste roda *Aspergillus* nađene su s većom učestalošću u uzorcima iz skladišta; dominirale su vrste iz sekcija *Aspergillus* i *Flavi*, a manje *Nigri* i *Circumdati*. Na uzorcima ječma, posebice iz skladišta izolirane su i vrste aspergila iz sekcije *Versicolores*.

Dobiveni rezultati su u suglasju sa znanstvenom literaturom, odnosno, uočeno je kako su plijesni s polja upravo plijesni iz rodova *Alternaria*, *Cladosporium* i *Fusarium* te u manjoj mjeri i *Penicillium*. Međutim, *Penicillium* vrste uz rod *Aspergillus* dominiraju na žitaricama u uvjetima skladištenja pa ne čudi njihov porast tijekom skladištenja uzoraka dobavljenih tijekom trajanja ovog projekta. Plijesni iz rodova *Mucor* i *Rhizopus* su sveprisutne, invazivne te se brzo i lako šire pa stoga ni njihova pojava u većoj mjeri ne čudi. Rastu nakon oštećenja zrnja prouzročenih drugim mikroorganizmima pa mogu uzrokovati kvarenje žitarica. Kako se broj i vrsta plijesni prirodno prisutnih na žitaricama razlikuje, tako se razlikuje i broj, a vjerojatno i vrsta prirodno prisutnih kvasca, jer oni uz bakterije čine prirodnu mikrofloru žitarica.

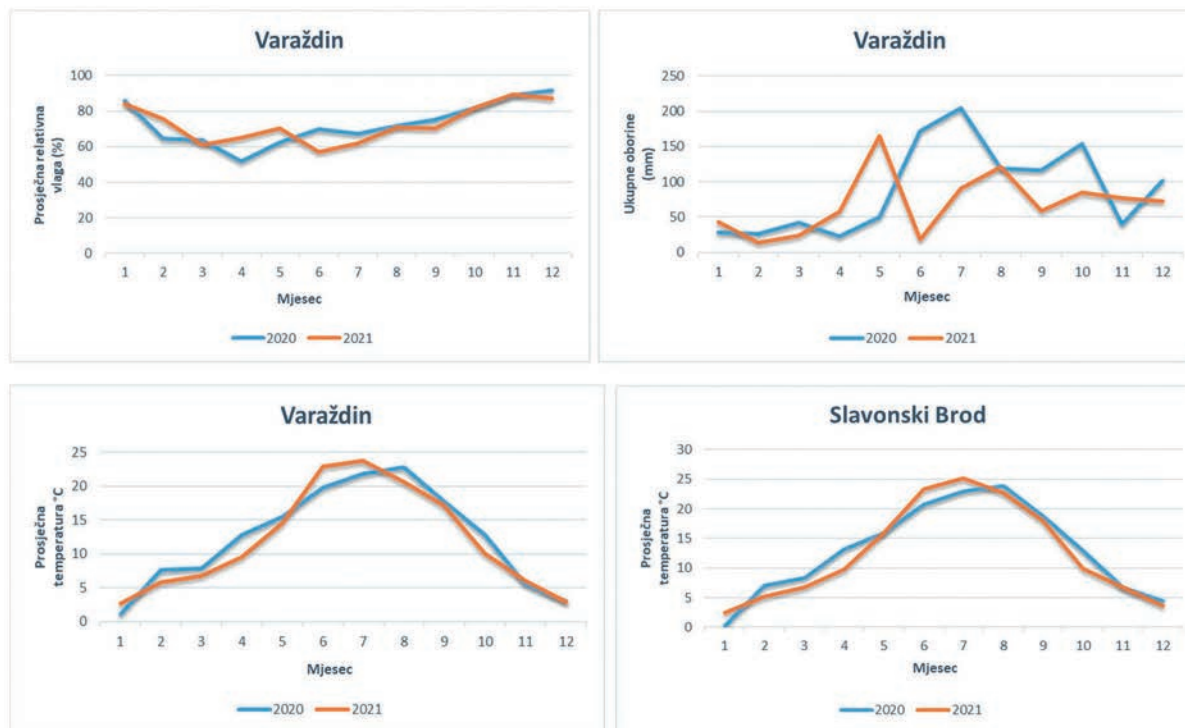
Klimatske promjene praćene su preko slijedećih parametara: broja kišnih rana, broja sunčanih dana, broja maglovitih dana, temperature, vlage i količine ukupnih oborina. Svi parametri su praćeni tijekom dvije godine na području Varaždina (Sjeverna Hrvatska), Slavonskog Broda (Središnja Hrvatska) i Osijeka (Istočna Hrvatska). Prosječne vrijednosti svih parametara na navedenim područjima prikazani su grafičkim prikazima.

Grafikon 1 - Broj sunčanih, kišnih i maglovitih dana u gradovima Sjeverne, Srednje i Istočne Hrvatske

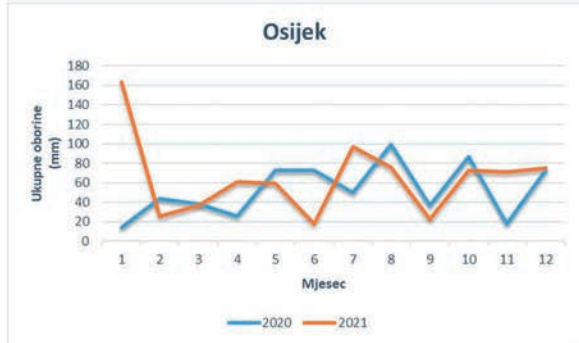
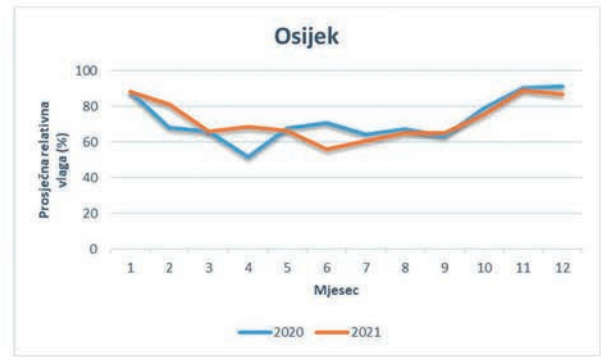
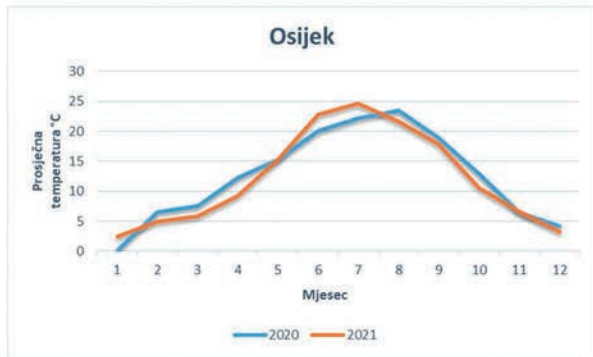
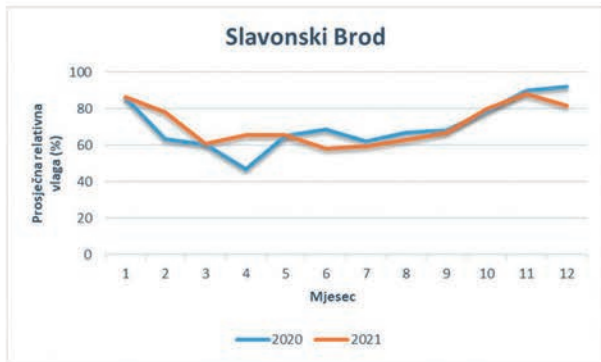
(Izvor: <https://en.tutiempo.net/croatia.html>)



Grafikon 2 - Prosječna temperatura, relativna vlažnost i ukupne oborine u gradovima Sjeverne, Srednje i Istočne Hrvatske







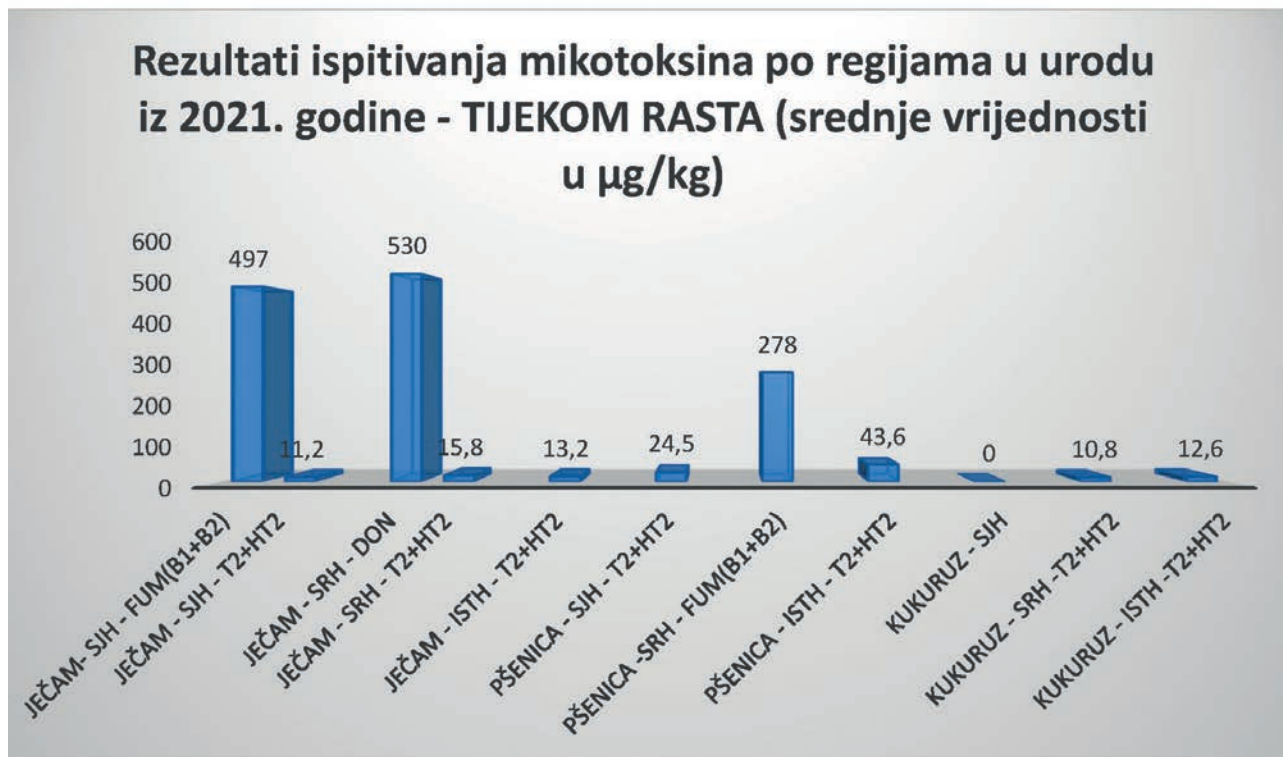
(Izvor: <https://en.tutiempo.net/croatia.html>)

Grafikon 3 - Srednje vrijednosti mikotoksina po regijama u urodu iz 2020. godine tijekom rasta žitarica



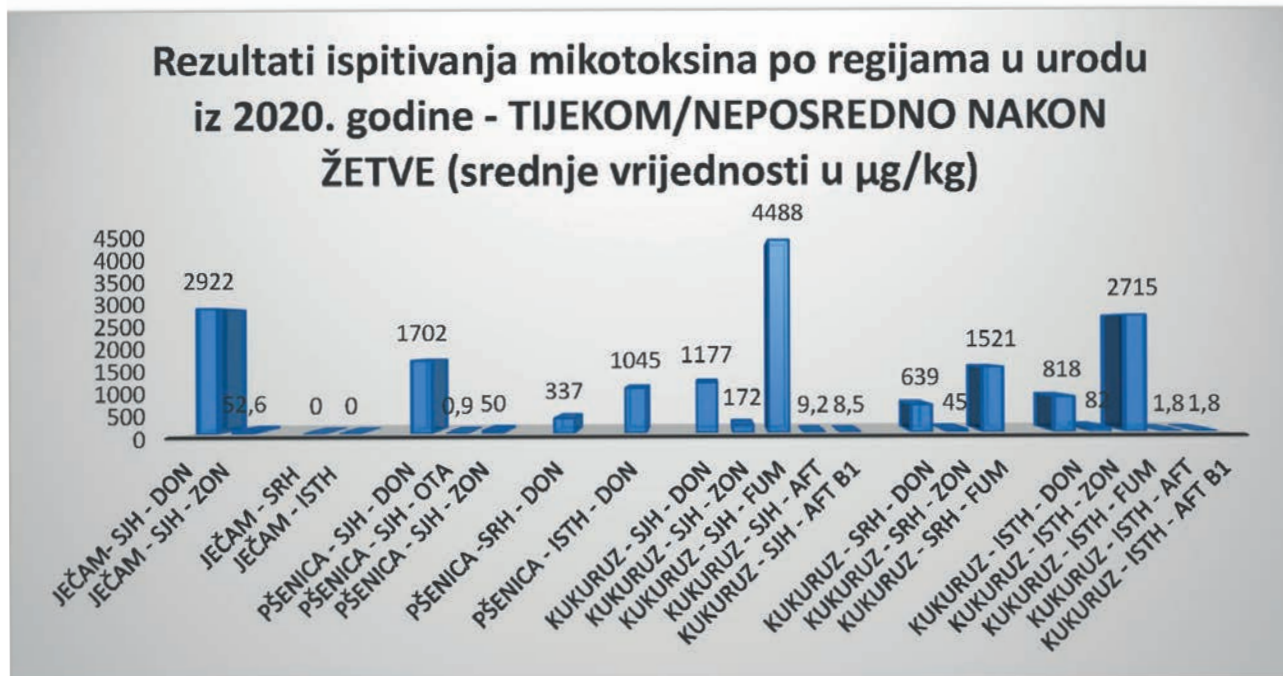
(„0“ u značenju < granice kvantifikacije metode)

Grafikon 4 - Srednje vrijednosti mikotoksina po regijama u urodu iz 2021. godine tijekom rasta žitarica



(„0“ u značenju < granice kvantifikacije metode)

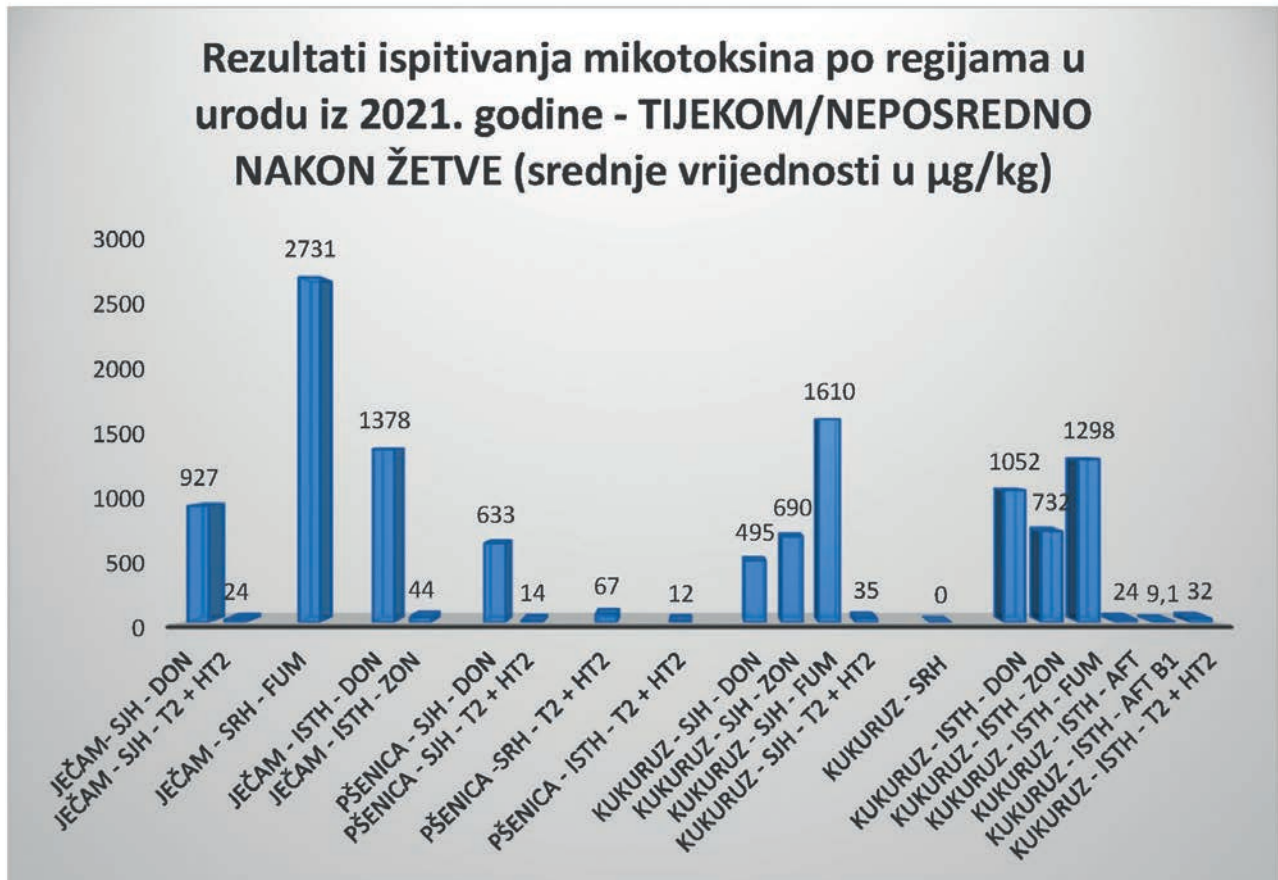
Grafikon 5 - Srednje vrijednosti mikotoksina po regijama u urodu iz 2020. godine tijekom berbe žitarica



(„0“ u značenju < granice kvantifikacije metode)



Grafikon 6 - Srednje vrijednosti mikotoksina po regijama u urodu iz 2021. godine tijekom berbe žitarica



(„0“ u značenju < granice kvantifikacije metode)

Grafikon 7 - Srednje vrijednosti mikotoksina po regijama u urodu iz 2020. godine tijekom skladištenja žitarica u 2021. godini



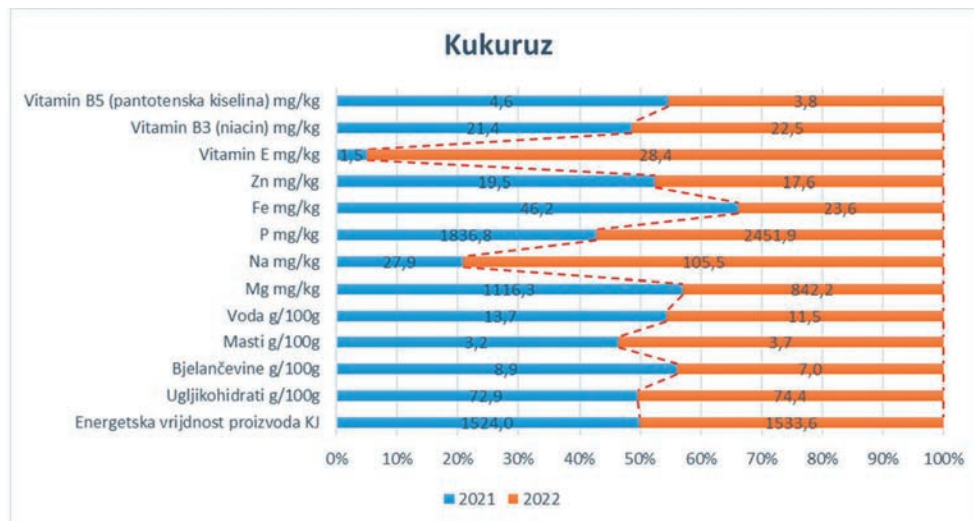
(„0“ u značenju < granice kvantifikacije metode)

Grafikon 8 - Srednje vrijednosti mikotoksina po regijama u urodu iz 2021. godine tijekom skladištenja žitarica u 2022. godini

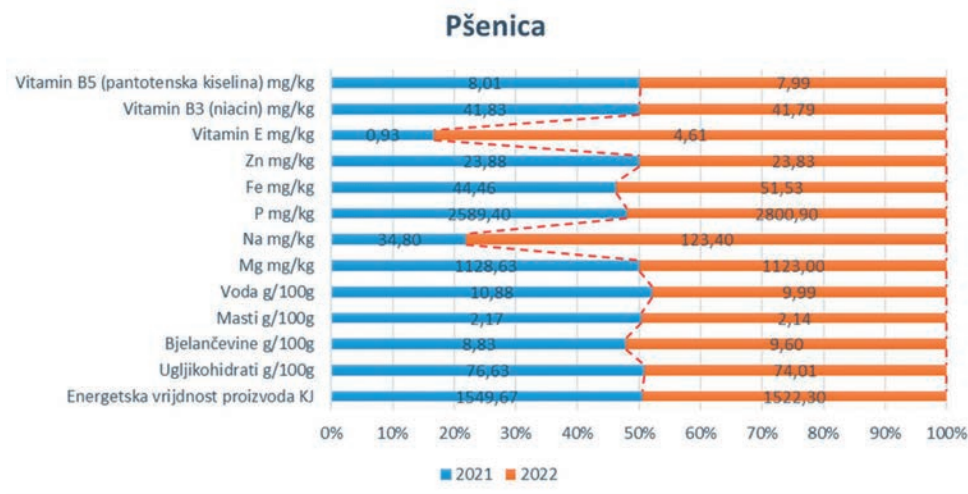


(„0“ u značenju < granice kvantifikacije metode)

Grafikon 9 - Ukupne srednje vrijednosti makro i mikronutrijenata te energetske vrijednosti kukuruza tijekom skladištenja 2021. i 2022. godine

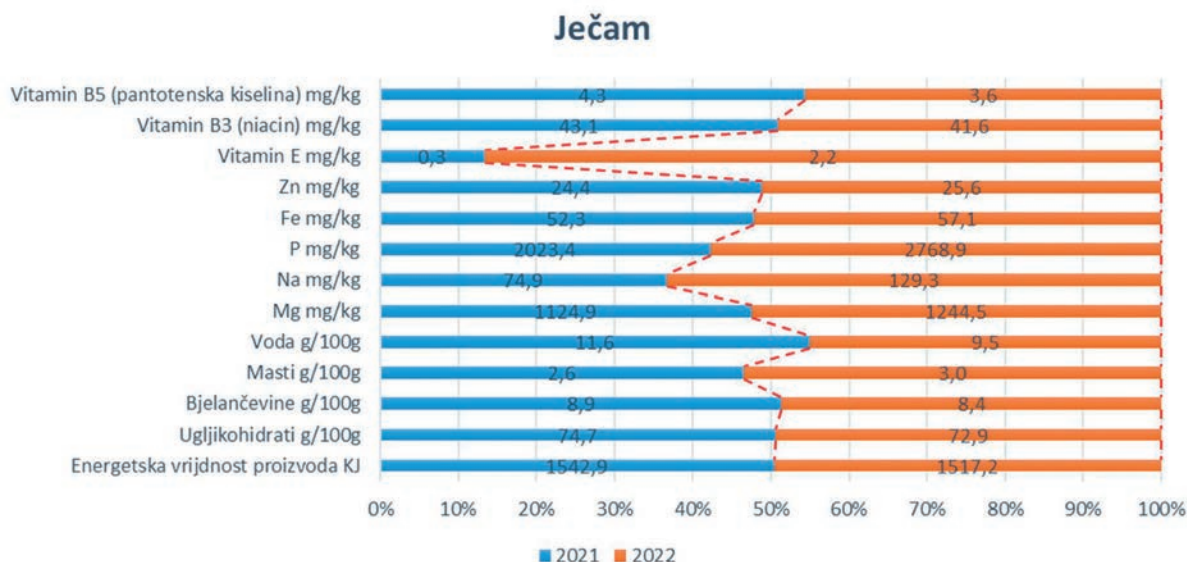


Grafikon 10 - Ukupne srednje vrijednosti makro i mikronutrijenata te energetske vrijednosti pšenice tijekom skladištenja 2021. i 2022. godine





*Grafikon 11 - Ukupne srednje vrijednosti makro i mikronutrijenata te energetske vrijednosti ječma tijekom skladištenja 2021. i 2022. godine*



Rezultati istraživanja ukazuju da se broj mikotoksina na kulturama značajnije povećava tijekom žetve u odnosu na razdoblje rasta žitarica. Razvidno je da se daljnji porast količine mikotoksina uočava kod kukuruza te da skladištenje dodatno povećava pojavnost mikotoksina kod svih analiziranih žitarica. Iz dobivenih rezultata zaključujemo kako vrste žitarica, kao niti sorte žitarica nemaju bitni utjecaj na nastajanje mikotoksina, već jedino klimatski uvjeti su oni koji doprinose povećavaju mikotoksina u žitaricama.

U Istočnoj i Sjevernoj Hrvatskoj kao glavni uzrok povećanju količina mikotoksina u oba vremenska razdoblja, pridonosi broj sušnih, odnosno sunčanih dana i mala količina oborina. Međutim, u Središnjoj Hrvatskoj prosječni broj sunčanih dana je približno jednak broju kišnih dana, dok je broj maglovitih dana u odnosu na Sjevernu i Istočnu Hrvatsku gotovo tri puta veći od odnosu na Sjevernu i Istočnu Hrvatsku.

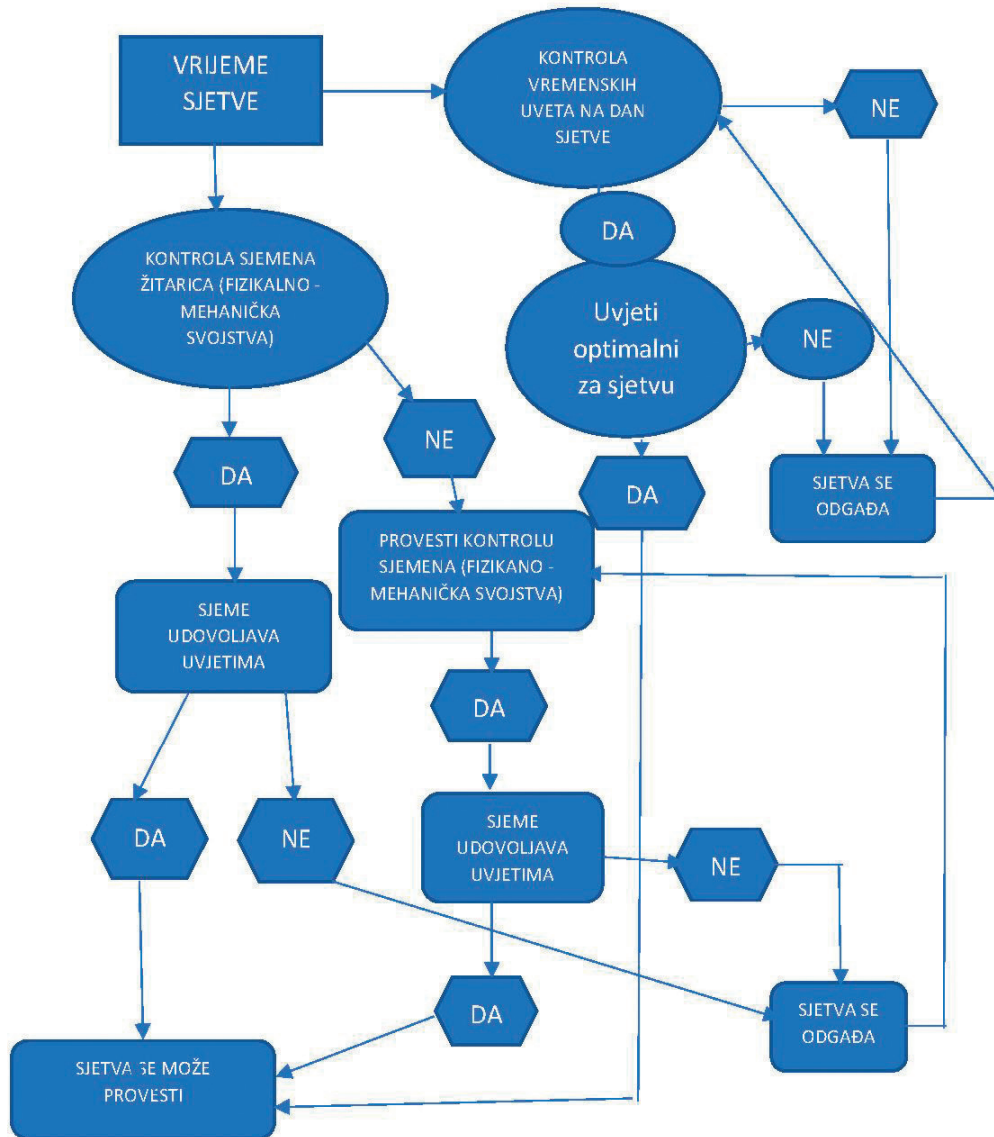
Količina vode i bjelančevina u **kukuruzu** tijekom 2021. godine bile su za 5% veće u odnosu na 2022. godinu, dok su ukupne masti i ugljikohidrati bili podjednake vrijednosti. Od analiziranih vitamina, vrijednosti se razlikuju u količinama E vitamina, gdje je zabilježeno povećanje – pozitivno odstupanje od 45% u 2022. godini u odnosu 2021. godinu te natrija od 28%. Količine željeza u uzorcima kukuruza tijekom 2021. godine bile su veće 15% u odnosu na vrijednosti u 2022. godini. Vrijednosti ostalih parametara bile su podjednake tijekom 2021. i 2022. godine.

Kod **pšenice** je utvrđeno da su količine makronutrijenata podjednake vrijednosti u obje godine, dok je količina vitamina E veća za 32% u odnosu na 2021. godinu, natrija za 28%, a željeza za 4%.

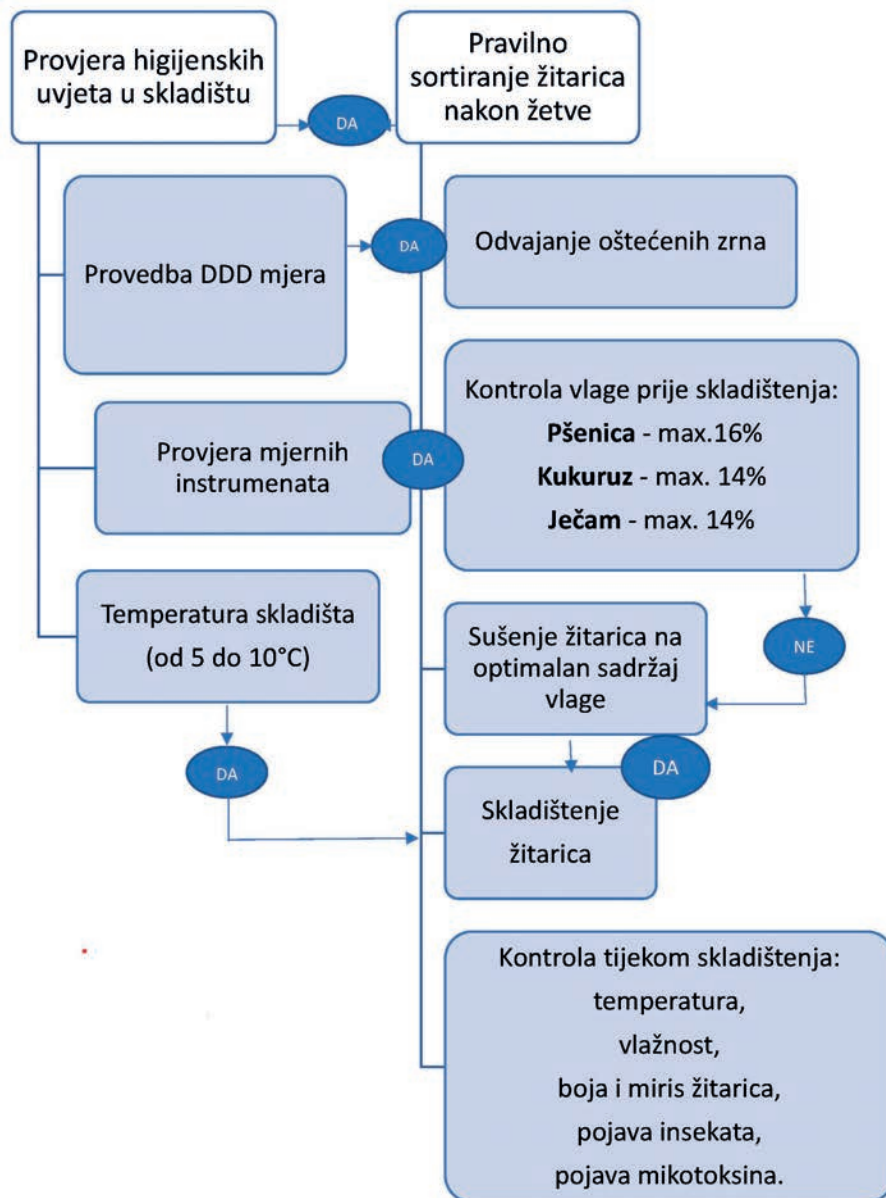
U analiziranim uzorcima **ječma** utvrđeno je da su prosječne vrijednosti za vodu i vitamin B5, u 2021. godini bile veće za 5%, dok su vrijednosti vitamina E bile povećane u 2022. godini za 35% u odnosu na 2021. godinu, te natrija za 14%, fosfora za 8% i masti za 3%. Sve ostale vrijednosti analiziranih mikro i makronutrijenata bile su približno iste kroz obje godine.

Praćenje utjecaja klimatskih promjena na tvorbu plijesni i razvoj mikotoksina potrebno je i dalje kontinuirano istraživati, s obzirom na to da je dvogodišnje istraživanje tek inicijalno istraživanje koje nam daje smjernice kako bolje utvrditi povezanost između klime i mikotoksina te kvalitete žitarica.

# ALGORITMI PONAŠANJA - PREDŽETVENE MJERE



# ALGORITMI PONAŠANJA – ŽETVENE MJERE I MJERE U SKLADIŠTU



## Literatura:

1. Kabak B, Dobson ADW, VAR I. *Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed. A review. Crit Rev Food Sci* 2006; 46:593-619.
2. DELAŠ, F. (2010): *Mikrobni toksini. U: Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani, Hrvatska agencija za hranu, Osijek, str. 31-49.*
3. Chulze SN. *Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: A review. Food Addit Contam Part A* 2010; 27:651-657.
4. Pleadin J, Frece J, Markov K. *Mycotoxins in food and feed. Adv Food Nutr Res.*2019;89:297-345.
5. Hudler, George W. (1998). *Magical Mushrooms, Mischievous Molds: The Remarkable Story of the Fungus Kingdom and Its Impact on Human Affairs.* Princeton University Press. ISBN 978-0-691-07016-2.
6. Hudler, George (1998). *Magical Mushrooms, Mischievous Molds.* Princeton, NJ: Princeton University Press. ISBN 9780691070162.
7. Jonathan H Williams; Timothy D Phillips; Pauline E Jolly; Jonathan K Stiles; Curtis M Jolly; Deepak Aggarwal (2004). "Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions". *American Journal of Clinical Nutrition.* 80 (5): 1106–1122.
8. Abbas Hamed K. (2005). *Aflatoxin and Food Safety.* CRC Press. ISBN 978-0-8247-2303-3.
9. Peraica M, Domijan AM. *Contamination of food with mycotoxins and human health. Arh Hig Rada Toksikol* 2001;52:23-35.
10. Pavlinić I, Puntarić D, Bošnjir J, i sur. *Istraživanje okratoksina A u ječmu – doprinos mikotoksinskoj hipotezi nastanka endemske nefropatije. Med Jad* 2010;40:59-65. 7. Abarca ML, Accen
11. Blaine K, Singh M. *Fall strategies to reduce impact of mycotoxins in corn grain. MSU Extension – Corn, Michigan State University,*2018.
12. Ostry V, Malir F, Toman J., Grosse Y. *Mycotoxins as human carcinogens —the IARC. Mycotoxin Res* (2017) 33:65–73.
13. Mađarić Z. *Suvremena proizvodnja pšenice.* Osijek, 1985.







