

POSKUS DOLOČANJA FILOTAKSE PRI ANANASU

Ali način pridelave ananasa vpliva na njegovo filotakso?

Raziskovalna naloga s področja biologije



Avtor: Klemen Cotman, 9. b

Mentorica: Danica Volčini

Domžale, april 2021

V S E B I N A

	Stran
Povzetek	3
Ključne besede	3
1 UVOD	4
1.1 Cilji raziskave	4
1.2 Potek in metode dela	4
1.3 Hipoteza	5
2 TEORETIČNI DEL	6
3 RAZISKOVALNI DEL	12
3.1 Razporejenost lusk pri ananasu.....	12
3.2 Ananasi vključeni v raziskavo.....	13
3.3 Eksperimentalni del.....	15
3.4 Rezultati opazovanja in štetja lusk	17
3.5 Kaj je šlo pri mojem raziskovanju narobe?	20
4 RAZPRAVA	21
4.1 Primerjava ugotovitev z literaturo	21
4.2 Preverjanje hipoteze	22
5 ZAKLJUČEK	22
6 LITERATURA IN VIRI	23

Slika na naslovni strani: Avtor raziskovalne naloge z anansoma iz trgovine Hofer na Viru, 23. 3. 2021 (foto: Vilma Vrtačnik Merčun).

POVZETEK

V raziskavi sem želel preveriti vpliv škropljenja in uporabe pesticidov in fungicidov pri ananasih. Filotaksa je urejenost delov rastlin, listov, lusk, semen in sadov. Osnovna »enota« filotakse je parastihija, to je spirala pri rastlini. Vsaka rastlina ima več parastihij, ki gredo v različne smeri: v pozitivno, negativno, včasih tudi v nevtrarno smer. Tako je tudi pri ananasu. Fibonacci je preko matematičnih izračunov odkril njihovo zaporedje, ki mu danes pravimo Fibonaccijevo zaporedje. V raziskavi sem uporabil tri skupine ananasov: s tržnice, iz trgovine Spar in ekološke ananase s certifikatom, ki so zagotavljali, da so bili ananasi res ekološko gojeni. Potem, ko sem vsem ananasom preštel spirale, sem podatke analiziral ter preveril, ali je število »nevtralnih« spiral, katerih je največ, vsota ali razlika ostalih dveh spiral. Ugotovil sem, da število spiral pri ananasih iz trgovine in tržnice ni podobno tistemu, ki jih imajo ananasi z ekološkim certifikatom. Ekološko pridelani ananasi so imeli od 80 do 100 % Fibonaccijevih števil. Najmanj Fibonaccijevih števil so imeli ananasi, kupljeni v trgovini Spar (povprečno 13 %, s tem, da jih v navpični smeri in v desnih spiralah ni bilo, vsa so bila v levih spiralah). Pri ananasih s tržnice so bila Fibonaccijeva števila zastopana v vseh smereh, čeprav v manjši meri kot pri ekoloških ananasih. Z raziskavo sem potrdil, da se ekološko pridelan ananas najbolj približa Fibonaccijevemu zaporedju, kar pomeni, da način gojenja vpliva na filotakso ananasa.

Ključne besede

filotaksa, Fibonaccijevo število, ananas, ekološka pridelava ananasa

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojemu očetu, ki mi je priskrbel ananase iz različnih trgovin in s tržnice, saj so mi omogočili to raziskavo. Poleg tega se zahvaljujem Vilmi Vrtačnik Merčun, da si je vzela čas in mi pomagala, da sem dokončal raziskovalno nalogo. Zahvaljujem se tudi Danici Volčini, ki me je spodbudila, da sem začel raziskovati to izredno zanimivo naravno urejenost.

1 UVOD

Pred dvema desetletjema je bil v reviji *Presek* objavljen zelo zanimiv in še vedno aktualen članek o geometrijskih značilnostih rastlin. Govoril je o neverjetni urejenosti plodov, listov in lusk pri rastlinah, ki so vedno razporejeni v nekem matematičnem zaporedju. Dal je slutiti, da gre za nekakšno popolnost v naravi, v kateri sta povezana umetnost in popolnost geometrijske celote. Urejenost sem začel opazovati pri ananasih.

Menim, da smo premalo ozaveščeni o tem, kako zelo nevarni so strupi, ki jih uporabljajo pri pridelavi hrane. Ironično je, da kadar se odločimo jesti zdravo hrano z veliko vitamini in rudninskimi snovmi, kot je ananas ali banana, v bistvu jemo hrano, ki vsebuje nevarne snovi, ki nam lahko ogrozijo zdravje. Zanimalo me je, ali lahko opazimo razliko med ekološko gojenimi in škropljenimi ananasi, če poznamo zaporedje Fibonaccijevih števil¹.

1.1 CILJI RAZISKAVE:

S to raziskavo sem želel preveriti vpliv škropljenja in uporabe pesticidov in fungicidov pri ananasih. Moje raziskovalno vprašanje se glasi: **Kako komercialno gojenje ananasa (in uporaba pesticidov) vpliva na število lusk pri spiralah ananasa?**

1.2 METODE DELA

Moje raziskovalno delo je bilo opazovanje in štetje lusk pri ananasih. Po štetju spiral sem vse podatke analiziral ter preveril, ali je število »nevtralnih« spiral, katerih je največ, vsota ali razlika ostalih dveh spiral.

V raziskavi sem se posvetil trem skupinam ananasa:

- **ananasom s tržnice**, ki so množično oglaševani kot »ekstra sladki«, ter v večini prihajajo iz Dominikanske republike, Paname in v največ primerih iz Kostarike,

¹ Fibonaccijeva števila: Fibonacci je preko matematičnih izračunov odkril novo celoštevilsko zaporedje, po katerem so urejeni listi, cvetovi in semena. Več o tem v teoretičnem delu.

- **ananasom iz trgovine**, bolj konkretno ananasom podjetja Lola iz trgovine Spar, ki so oglaševani kot »Extra Dolce«, ter
- **ekološko pridelanim ananasom**, ki so imeli certifikat, da so ekološki in s tem, niso bili škropljeni. Pri zadnjih je oviro predstavljalo dejstvo, da jih je bilo zelo težko najti. Država porekla ni bila jasno napisana.



Slika 1: Ananasi in revija Presek, ki me je spodbudila k raziskovanju filotakse pri ananasih.

Raziskava je potekala v novembru in decembru 2020.

1.3 HIPOTEZA

Po premisleku in primerjavi ananasov z ananasi, ki so imeli certifikat (ki potrjuje, da so ekološko gojeni), sem prišel do predvidevanja, da uporaba pesticidov in drugih fitofarmaceutskih sredstev vpliva tudi na prisotnost Fibonaccijevih števil v sistemu. Predpostavljal sem, da lahko s tem, da preračunamo število spiral pri posameznem ananasu ter preverimo, ali največje število v sistemu predstavlja vsoto ali razliko ostalih dveh, ugotovimo, ali je bil ananas škropljen ali ne. Postavil sem naslednjo hipotezo.

Hipoteza: Ekološko gojeni ananasi imajo 90 % lusk razporejenih po Fibonaccijevem zaporedju, neekološko gojeni ananasi pa manj kot 50 %.

2 TEORETIČNI DEL

ANANAS

Ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) je enokaličnica in ekonomsko najpomembnejša vrsta iz družine bromelijevk. Ananas je sorodnik pogostih sobnih rastlin iz rodov *Guzmania*, *Vriesea*, *Billbergia*, *Tillandsia*. Tako kot slednje tudi nekatere druge vrste rodu *Ananas* gojimo kot okrasne rastline. Ananas je zelnata trajnica, ki uspeva v tropskem podnebjju. Rastlina ima čokato pokončno steblo, ki ga na gosto in v spiralah obraščajo v rozeto zgoščeni listi. Listi so do enega metra dolgi, trakasti, trdi in dokaj debeli, na otip gladki in po robu ali gladki ali z ostrimi nazaj zakrivljenimi bodicami. Socvetje zraste na sredini rozete na pokončnem stebelu. Rastlina zraste približno 1,5 metra visoko. Socvetje rastline ananasa je sestavljeno iz nekaj sto posamičnih cvetov, ki so lahko od rdeče do vijolične barve. Po cvetenju se razvijajoči plodovi – jagode – združijo v eno skupno omesenelo soplodje, ki ga poznamo kot sadež ananas. Sadeži po obiranju nehajo zoreti, po določenem času le še zgnijejo. Pravimo, da ananas spada med neklimakterične plodove, tako kot na primer citrusi, jagode in grozdje. Ananas je ena redkih rastlin, ki razvije plod tudi, če ne pride do opraitve cvetov. Tako kot pri plantažno gojenih bananah, tudi pri plantažno gojenem ananasu razvoj semen škodi kvaliteti plodu, saj nihče ne želi sadeža polnega koščic. Večino vrst iz celotnega rodu *Ananas* opraitujejo ptice, običajno kolibriji, nekatere nočno cvetoče vrste pa netopirji. Opraititev cvetov in tvorba semen sta potrebna za spolno razmnoževanje, bodisi razmnoževanje divjih vrst, bodisi vzgojo novih sort gojenega ananasa. Cvetenje je za posamezno rozeto rastline ananasa velik napor, vanj vloži vso svojo energijo, zaradi česar po tvorbi sadeža propade. A preden propade, v zalistjih nekaterih listov iz brstov zrastejo stranski poganjki, ki se razvijajo v nove rozete. Kot zanimivost: posamezni cvetovi oz. **mnogokotna polja na lupini sadeža so razporejeni v prepletajoče Fibonaccijeve spirale** po razmerju zlatega reza. To razmerje oziroma spirale so zelo pogoste v naravi, saj omogočajo enakomerno in urejeno razporejanje struktur. Obstaja veliko gojenih sort ananasa. Najpogostejša sorta v svetovnem merilu je še vedno 'gladki kajenski', ki ima po robu gladke liste. To je zelo stara sorta, vzgajilo jo je ljudstvo Amerindov in je prednica večine drugih sort.

Druge najpogostejše sorte so: 'Hilo', ki ga gojijo na Havajih, 'Kona sugarloaf' je izjemno sladek in brez neužitne sredice, 'Natal queen' gojijo v Avstraliji, Maleziji in Južnoafriški republiki, 'Red Spanish' in 'Pernambuco' gojijo v Latinski Ameriki.«²



Slika 2: Plantaža ananasa. Ananas je rastlina, ki izvira iz Amerike, danes pa jo kot sadje gojijo po vsem svetu, predvsem na Tajskem, Filipinih, Braziliji, Kostariki in Slonokoščeni obali.³

Kulinarika in druga uporaba ananasa

»Ananas vsebuje zelo malo kalorij, veliko vode in je odličen vir mangana in vitamina C. Meso, še več pa njegova lupina, vsebuje različne polifenole in katehine, ki delujejo antioksidativno in so zelo koristni za zdravje. Zanimiva posebnost ananasa je bromelain. Bromelain je mešanica encimov, ki razgrajujejo beljakovine. Prisoten je tako v sveži rastlini kot v sadežu ananasa. Bromelain je poleg mikroskopskih kristalčkov kalcijevega oksalata odgovoren za neprijeten občutek, ki ga nekateri ljudje zaznajo v ustih ob uživanju svežega ananasa ali ananasovega soka. Ananas lahko uživamo svež, kuhan, vložen ali predelan v sok, kohlje in druge izdelke. Največ vitaminov ima svež. Ananas je sestavni del številnih kuhinj v tropskem svetu. Iz listov rastline ananasa na Filipinih izdelujejo tkanino piña, iz katere izdelujejo tamkajšnjo narodno nošo. Vlakna iz listov ananasa so tudi sestavni del nekaterih tapet.«⁴

² Petra Sladek, univ. dipl. biol.: Ananas, biologija, Društvo raznolikost, <http://raznolikost.si/slo/ananas> (23. 3. 2021).

³ Geografija, <https://www.facebook.com/256364071165468/posts/1138758779592655/> (23. 3. 2021).

⁴ Petra Sladek, <http://raznolikost.si/slo/ananas> (23. 3. 2021).

FILOTAKSA:

»Beseda filotaksa izhaja iz grških besed *phyllon*, list in *taxis*, ureditev, kar bi lahko prevedli kot **urejenost listov**.« Filotaksa je urejenost delov rastlin, ne le listov, ampak tudi lusk, semen in sadov. Filotaksa je lahko zelo izrazita pri določenih rastlinah (*Aloe polyphylla*) ali pa tudi manj izrazita (kaktus). Kadar vidimo rastline z izrazito filotakso, pravimo, da so lepe, saj izrazita filotaksa kaže na izrazito simetralnost rastlin. S filotakso se matematika ukvarja že dalj časa. Že v antični Grčiji so veliki matematiki šteli in beležili urejenost listov pri rožah, drevesih in ostalih rastlinah. Filotaksa se nato nekaj časa ni razvijala, kot izrazito raziskovana tema, do odkritja **Leonarda Fibonaccija**.⁵

Fibonacci je preko matematičnih izračunov odkril novo celoštevilsko zaporedje, ki mu danes pravimo **Fibonaccijevo zaporedje** in števila v njem Fibonaccijeva števila:

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, ...
--

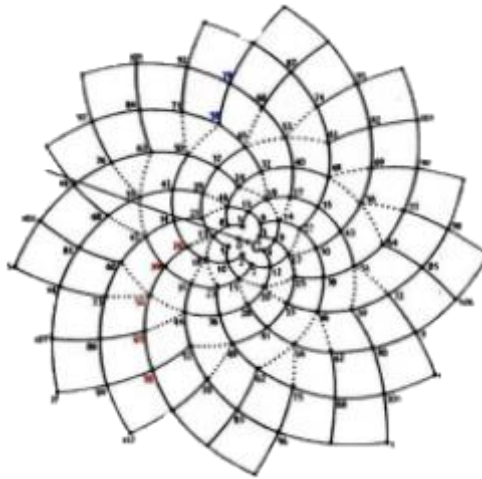
S tem odkritjem je filotaksa postala veliko bolj razumljiva in zanimiva, saj smo ugotovili, da ta števila določajo filotakso rastlin, kar bomo kasneje pokazali in dokazali. Fibonaccijeva števila so bila dolgo časa standard v filotaksi, a danes ni več tako, saj je v 19. stoletju francoski matematik **Édouard Lucas** dopolnil Fibonaccijevo zaporedje z novimi števili in ustvaril novo celoštevilsko zaporedje, ki mu danes pravimo **Lucasovo zaporedje**, števila v njem pa Lucasova števila. Danes vemo, da lahko v naravi najdemo filotakse, ki jih sestavljajo zgolj **Fibonaccijeva števila**, filotakse, ki jih sestavljajo **Fibonaccijeva in Lucasova števila**, filotakse, ki jih sestavljajo le **Lucasova števila** (te so zelo redke) in filotakse, ki jih ne sestavljajo niti Fibonaccijeva števila, niti Lucasova števila. Pojav Lucasovih števil pri filotaksi do danes še ni bil posebej raziskan, zato jih ne omenjamo tako zelo, kakor Fibonaccijeva števila.⁶

⁵ Mojca Leskovec: Filotaksa, diplomsko delo, Pedagoška fakulteta, Oddelek za matematiko in računalništvo, Ljubljana, 2005. <http://www2.arnes.si/~mlesko5/> (22. 1. 2021).

⁶ Mojca Leskovec, 2005. <http://www2.arnes.si/~mlesko5/> (22. 1. 2021).



Slika 3: Spirale na rumeneski, storžu bora in ananasu (foto: Klemen Cotman).



Slika 4: Geometrijski zemljevid spiralnih vzorcev (središčna projekcija). Naredimo ga tako, da označimo center vsakega lista (ti centri so presečišča spiral) ter projiciramo na ravnino.⁷

Slika prikazuje spirale pri ananasu in to, kako so spirale postavljene. Osnovna »enota« filotakse je parastihija. **Parastihija** je spirala sledi pogankov pri rastlini. Opazne parastihije so luske pri storžih in pri ananasu, semena pri sončnicah itd. Vsaka rastlina ima več parastihij, ki gredo v različne smeri: v **pozitivno, negativno, včasih tudi v nevtralno smer**. Več parastihij, ki potekajo v isto smer, imenujemo »družina dotikajočih se parastihij«. Kadar se dve parastihiji, ki potekata v različnih smereh, križata, temu pravimo **parastihijski par**. Križanje parastihij ni vedno opazno.⁸

⁷ Mojca Leskovec, 2005. <http://www2.arnes.si/~mlesko5/> (22. 1. 2021).

⁸ Mojca Leskovec, 2005. <http://www2.arnes.si/~mlesko5/> (22. 1. 2021).

»Nastanek in razvoj živega organizma predstavlja veliko uganko in eno najbolj perečih vprašanj v biologiji. V nastanek novih celic, njihovo delitev, diferenciacijo in zmožnost oblikovanja višjih funkcionalnih sistemov je vključenih mnogo bioloških mehanizmov. Eden od teh je nastanek in tvorba **Turingovih vzorcev**. Idejo o Turingovih vzorcih je leta 1952 v znanstveni publikaciji z naslovom *Kemična osnova morfogeneze*⁹ predstavil britanski matematik **Alan Turing**. V svojem delu je opisal model reakcije in difuzije, s katerim lahko razložimo nastanek nekaterih vzorcev, ki jih v naravi vidimo kot zebrične proge, vzorce na tropskih ribah, na kožuhi leopardov, gepardov in drugih živali. Ideja Turingovega modela temelji na reakciji med dvema spojinama, imenovanima **morfogena**. V Turingovem modelu je eden od morfogenov aktivator, ki je sposoben aktivacije samega sebe in drugega morfogena. Druga spojina deluje kot inhibitor in zavira nastajanje prve spojine. Če v sistemu difuzija¹⁰ ni prisotna, se po določenem času vzpostavi stabilno stanje, v katerem sta koncentraciji aktivatorja in inhibitorja teoretično enaki. Ko sistemu dodamo difuzijo, pride do destabilizacije, kar omogoča tvorbo Turingovih vzorcev. Ti so vidni kot periodično pojavljajoče se črte ali vzorci drugih oblik.«¹¹



Slika 7: Matematik Alan Mathison Turing¹² in štiri vzorci, poimenovani po njem.¹³

Teorijo o vplivu zunanje sile sem povezal s škropljenjem, saj s škropljenjem ananasa v začetku rasti vplivajo na nadaljnjo rast, na prisotnost Fibonaccijevih števil in na dedni zapis.

⁹ Morfogeneza (gr.) strukturni razvoj in oblikovanje organizmov ali organov, faza v embrionalnem razvoju po gastrulaciji (biol.). Veliki slovar tujk, urednik Miloš Tavzes, Ljubljana, Cankarjeva založba, 2006, str. 759.

¹⁰ Difuzija (diffusion, razširitev. Veliki slovar tujk, 2006, str. 214.

¹¹ Nina Bahun: Optimizacija vozlišča v izbranem tri-vozliščnem Turingovem genetskem vezju, vgrajenem v *Escherichia coli*, FFA, Fakulteta za farmacijo, Ljubljana, 2020, povzetek, <https://repositorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=117292&lang=eng> (23. 3. 2021).

¹² Alan Turing : *Alan_Turing_photo.jpg* (355x444).

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/c/c8/Alan_Turing_photo.jpg (22. 1. 2021).

¹³ Ananas in njegova površina, projicirana na ravnino: *Coxeter_Ananaszyklus.png* (644x280).

http://www.tydecks.info/online/Bilder/Coxeter_Ananaszyklus.png (22. 1. 2021).

PESTICIDI

»Snovi, ki se uporabljajo za zatiranje, izkoreninjenje in preprečevanje škodljivih organizmov, se imenujejo pesticidi. Izraz vključuje **fitofarmacevtska sredstva**, ki se uporabljajo za rastline v kmetijstvu, hortikulturi, parkih in vrtovih, in **biocidne proizvode**, ki se uporabljajo za druge namene, na primer kot razkužilo ali za zaščito materialov. Leta 2009 je bil sprejet sveženj o pesticidih, ki vključuje: *Direktivo 2009/128/ES o trajnostni rabi pesticidov*, ki je namenjena zmanjšanju okoljskih in zdravstvenih tveganj ob ohranitvi poljedelske pridelave in izboljšanju nadzora nad uporabo in distribucijo pesticidov, *Uredbo (ES) št. 1107/2009 o dajanju fitofarmacevtskih sredstev v promet* in *Uredbo (ES) št. 1185/2009 o statističnih podatkih o pesticidih*, ki določa pravila za zbiranje podatkov o količinah pesticidov, ki se vsako leto dajo v promet v državah članicah in uporabijo.«¹⁴

EKOLOŠKA PRIDELAVA RASTLIN

Škropljenje in gensko spreminjanje sadežev in zelenjave je v zadnjem času postala tema, o kateri se veliko razpravlja, saj predstavlja grožnjo potrošniku, zdravju ljudi in okolja. Mogoče izgleda, da gre za nekakšno rešitev za pridelavo zadostnih količin hrane v nekaterih državah, vendar ni tako. Če zastropimo rodovitno prst in celotno okolje, potem je tudi pridelava hrane vprašljiva.

»Ekološko kmetijstvo je oblika kmetovanja, kjer se celostno dopolnjujeta rastlinska pridelava in reja živali in s tem sledenje naravnim metodam in kroženju snovi v naravi. Uporaba lahkotopnih mineralnih gnojil, kemično sintetiziranih fitofarmacevtskih sredstev (pesticidov), gensko spremenjenih organizmov in proizvodov pridobljenih iz teh organizmov ter različnih regulatorjev rasti **ni dovoljena**. Ob tem je zagotovljen nepretrgan in transparenten nadzor nad pridelavo in predelavo pridelkov oziroma živil od njive do krožnika, kar predstavlja zagotovilo potrošnikom, da se odločajo za varna živila. S pomočjo ekološkega kmetijstva lahko kmetije ustvarijo višjo dodano vrednost ne samo pri svojih proizvodih, temveč tudi pri drugih alternativnih dejavnostih na kmetijah, kjer je še mnogo neizkoriščenih priložnosti (na primer turizem na ekoloških kmetijah, dopolnilne dejavnosti in tako dalje).«¹⁵

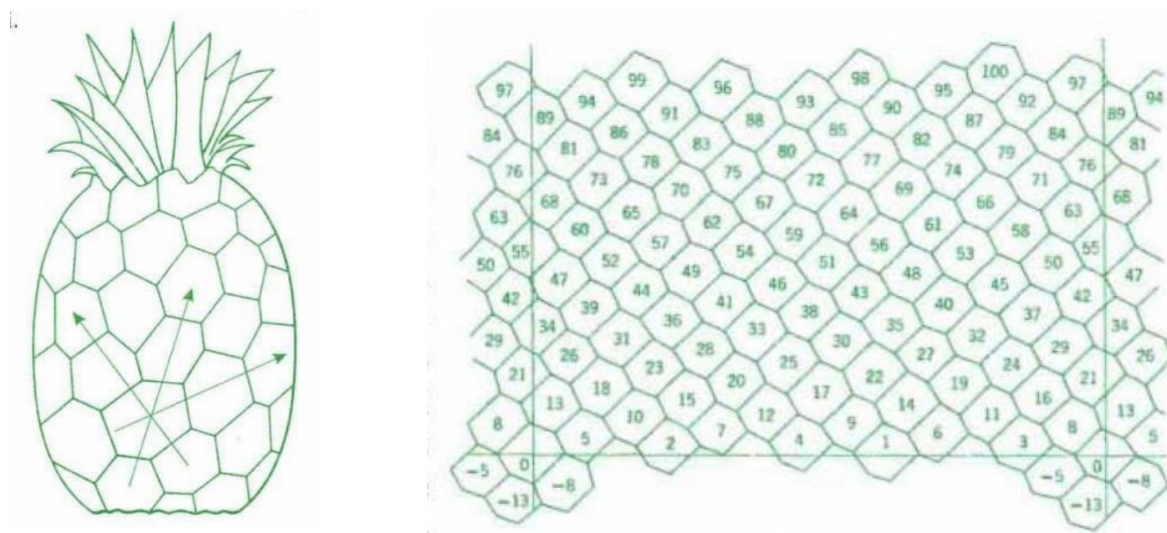
¹⁴ Kratak vodnik po Evropski uniji, Evropski parlament, Kemikalije in pesticidi, <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/sl/sheet/78/kemikalije-in-pesticidi> (23. 3. 2021).

¹⁵ Ekološka pridelava, Kaj je ekološko kmetijstvo, <https://www.gov.si teme/ekoloska-pridelava/> (23. 3. 2021)

3 RAZISKOVALNI DEL

3.1 RAZPOREJENOST LUSK PRI ANANASU

»Posebno razločni so zavoji pri ananasu, katerega bolj ali manj šestkotne luske so vidno urejene v **vijačnice**, ki potekajo v treh različnih smereh. Opazimo lahko 5 vzporednih vrst, ki vodijo v desno položno navzgor, 8 vrst gre nekoliko bolj strmo levo navzgor, 13 vrst pa se strmo ovija desno navzgor. Včasih so smeri ustrezno zamenjane. Vidimo, da se tudi pri tem tipu filotakse pojavljajo samo Fibonaccijeva števila. Zanimivo povezavo med posameznimi vrednostmi filotakse najdemo v knjigi *Introduction to geometry* H. S. M. Coxeterja, od koder je tudi slika 4.«¹⁶



Sliki 5 in 6: Razporejenost lusk pri ananasu (levo) in če jih razporedimo na ravnino kot plašč pokončnega valja (desno).¹⁷

»Na sliki je prikazano površje ananasa kot plašč pokončnega krožnega valja, razgrnjenega v ravnino. Šestkotne luske so oštevilčene v vrstnem redu glede na njihovo oddaljenost od vodoravne osnove. Da se videti, da je kot med zaporednima luskama približno Fibonaccijev kot. Luska O ima za sosede luske z oznakami 5, 13 in 8, ki določajo vidne smeri v vzorcu.«¹⁸

¹⁶ Marija Vencelj, 2002, str. 8.

¹⁷ Marija Vencelj, 2002, str. 8 in 9.

¹⁸ Marija Vencelj, 2002, str. 9.

3.2 ANANASI, VKLJUČENI V RAZISKAVO

Pri raziskovanju sem preučeval tri skupine ananasa:

1. Ananasi s tržnice

Ananase s tržnice sem preučil v večjem številu, saj na tržnici najdemo veliko večji obseg znamk, kakor v trgovini. Pri ananasu s tržnice je opazno, da so zelo veliki, težki in za potrošnika lepi. Ti ananasi prihajajo iz držav, kot so Panama, Dominikanska republika in Kostarika. V teh državah je veliko plantaž ananasa, na katerih proizvedejo večinski delež ananasa na svetu. V Kostariki so plantaže v lasti večjih korporacij, ki pri gojenju uporabljajo veliko pesticidov, ki so v Evropski uniji s predpisi prepovedani, med katerimi so tudi rakotvorni. Zaradi tega sem ananasom, ki jih proizvajajo velike korporacije, posvetil posebno pozornost, saj za lepo zunanostjo skrivajo nevarno notranjost.

2. Ananasi v trgovinah

Ananase iz trgovin sem preučil v manjšem številu, kakor tiste na tržnici, saj sem se posvetil le eni trgovski verigi – Spar, ki ponuja ananas znamke Lola. Ti so pridelani v Kostariki in so oglaševani kot »Extra Dolce«, torej »ekstra sladki«. Sadeži so podobne velikosti kot s tržnice, imajo pa manjši obseg. Predvideval sem, da se pri njih ne bo pojavilo Fibonaccijevo število spiral, saj je Lola manjša korporacija, kakor Dole ali pa Del Monte. Vendar so bili ti ananasi kljub temu gojeni na plantažah v Kostariki, kjer je, kakor sem že prej omenil, uporaba pesticidov običajen način gojenja.

Naknadno sem preučeval še ananase iz trgovine Hofer.

Poskus določanja filotakse pri ananasu



Sliki 8 in 9: Ananasi iz trgovine Hofer na Viru (23. 3. 2021). Deklaracija nam pove, da so prišli iz Kostarike, da so sorte Super Sweet in da tehtajo več kot 1,3 kilograma. Uvoznik je Bruno Melchart, Feuerwehrstraße 5, 4081 Hartkirchen (blizu Linza v Avstriji). V kartonski zaboj je zloženih po osem ananasov.



Slika 10: Ekološko pridelan ananas je bil precej manjši od vseh ostalih (družinski arhiv).

3. Ananasi z ekološkim certifikatom

Ananase z ekološkim certifikatom je težko najti, saj jih v trgovinah in na tržnici ne ponujajo v velikem številu. Na ljubljanski tržnici mi je uspelo najti le pet takšnih ananasov (bio certifikata žal nisem videl, branjevki sem verjel na besedo), da ne bi imel premajhnega vzorca. Ekološko gojeni ananas naj bi bil gojen na naraven način, kakor zahtevajo pravila za pridobitev certifikata. Po matematičnih izračunih kota med luskami in preštevanju spiral so matematiki

ugotovili, da se v naravi pri ananasu pojavijo spirale v številih 5, 8, 13 ali 21. Najbolj idealen primer je ananas, ki ima parastihije 5, 8 in 13.

3.3 EKSPERIMENTALNI DEL

Ananase sem potem, ko sem jih izbral, razdelil glede na to, kje so bili kupljeni ter pri vsakem preštel število spiral. Preštel sem število:

- spiral, ki se pomikajo v levo smer,
- spiral, ki se pomikajo v desno smer in
- spirale, ki se pomikajo v navpično smer, zelo strmo navzgor.

Po štetju spiral sem vse podatke analiziral ter preveril, ali je število »nevtralnih« spiral, katerih je največ, vsota ali razlika ostalih dveh spiral.

POSTOPEK ŠTETJA LUSK IN DOLOČANJA SPIRAL

Za prikaz postopka štetja luske in določanja spiral sem uporabil dva ananasa iz trgovine Hofer na Viru.

1. Najprej sem poštel vse luske iz desnih spiral.

Primer 1: **13**, 14, 14, 14, 14, 13, 13, 14, 15, 15 – Fibonaccijevo število je le 13.

Primer 2: 12, 12, 12, 10, 10, 12, 14, 11, 11, 9 – Fibonaccijevega števila ni.

Pri obeh je, kakor vidimo, deset spiral.



Sliki 11 in 12: Štetje luske ananasa po spirali v desno smer.

2. Potem sem preštel vse luske v levo smer.

Ananas 1: 10, 10, 10, **8**, 9, 9, 10, 10, 10, 11, 12 – Fibonaccijevo število je samo 8.

Ananas 2: 14, 14, 15, **13, 13**, 14, **13, 13**, 14, 14 – Fibonaccijevo število je samo 13, ki pa je tokrat zastopano štirikrat.



Sliki 13 in 14: Štetje lusk ananasa po spirali v levo smer.

3. Nazadnje sem preštel še vse luske v navpični smeri.

Ananas 1: **8**, 7, 7, **8**, 7, 6, 6, **8**, 7, **8**, 7, 7, 7 – Fibonaccijevo število 8 je zastopano štirikrat.

Ananas 2: 6, 7, 7, **8**, 7, 7, **8, 8**, 7, 7, 7, 7, 7 – Fibonaccijevo število 8 je zastopano trikrat.

Ugotovil sem, da je v navpični smeri več stolpcev, kot pa je spiral v levo in desno smer.



Sliki 15 in 16: Štetje lusk ananasa v navpični smeri.

Iz teh podatkov sem ugotavljal, kolikšen je delež Fibonaccijevih števil. Izračunal sem povprečni delež Fibonaccijevih števil za vse smeri (za leve in desne spirale ter navpični stolpec).

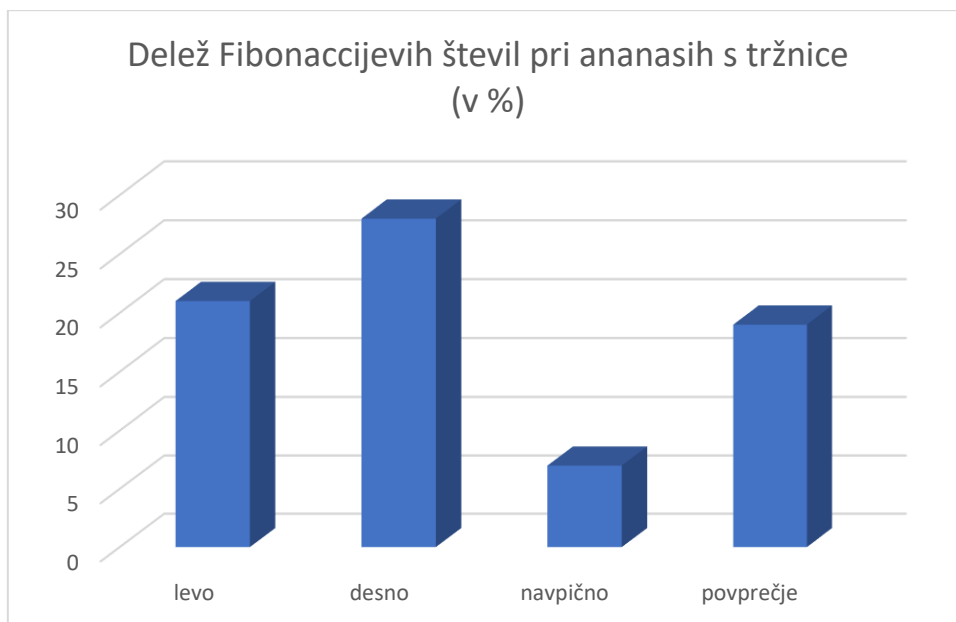
3.4 REZULTATI OPAZOVANJA ANANASA IN ŠTETJA LUSK

Spodnje preglednice prikazujejo odstotek Fibonaccijevih števil pri posameznih spiralah ananasa.

Ananasi s tržnice

Preglednica 1: Delež Fibonaccijevih števil pri ananasih s tržnice

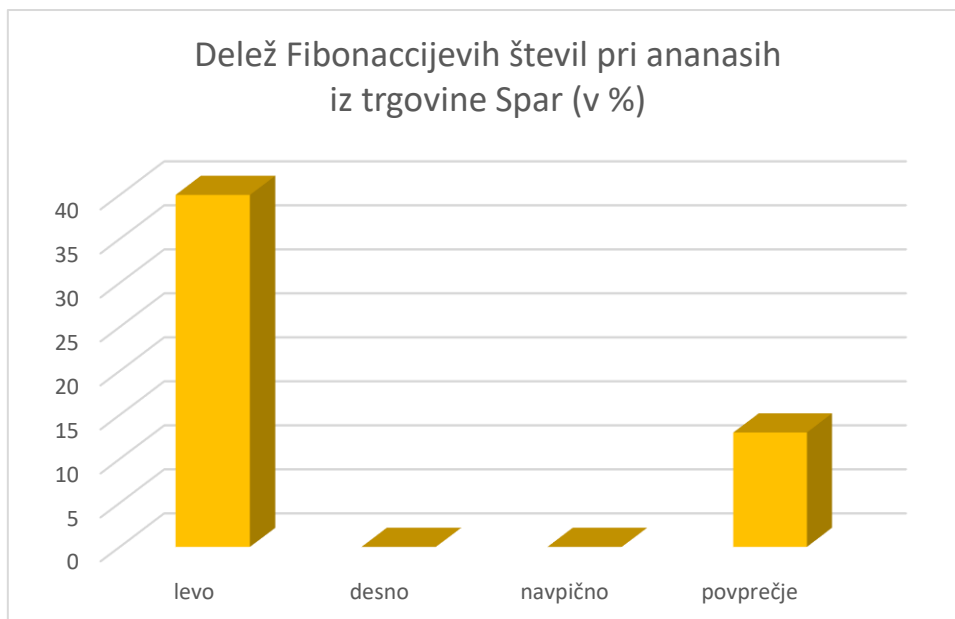
Spirale	delež Fibonaccijevih števil (v %)
levo	21
desno	28
navpično	7
povprečje	19



Ananasi iz trgovine

Preglednica 2: Delež Fibonaccijevih števil pri ananasih iz trgovine

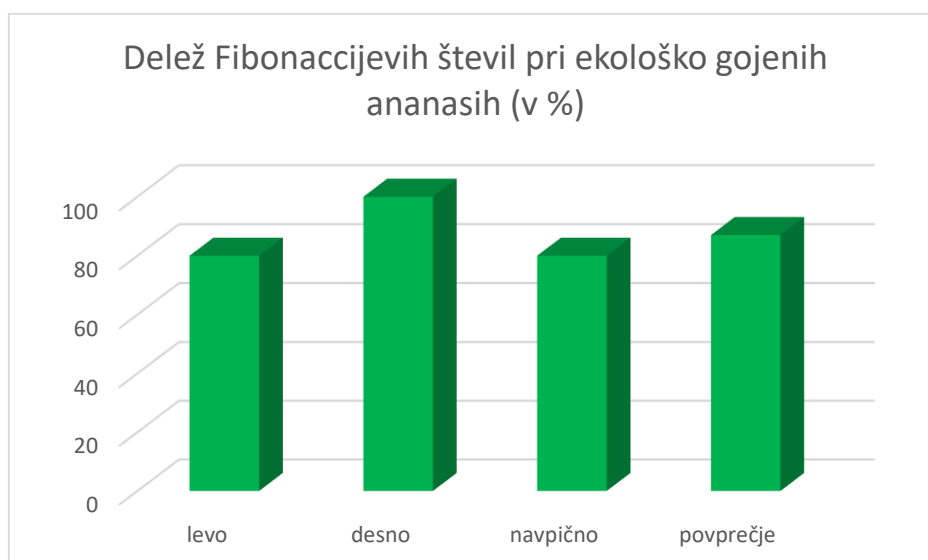
Spirale	delež Fibonaccijevih števil (v %)
levo	40
desno	0
navpično	0
povprečje	13



Ananasi s certifikatom ekološke pridelave

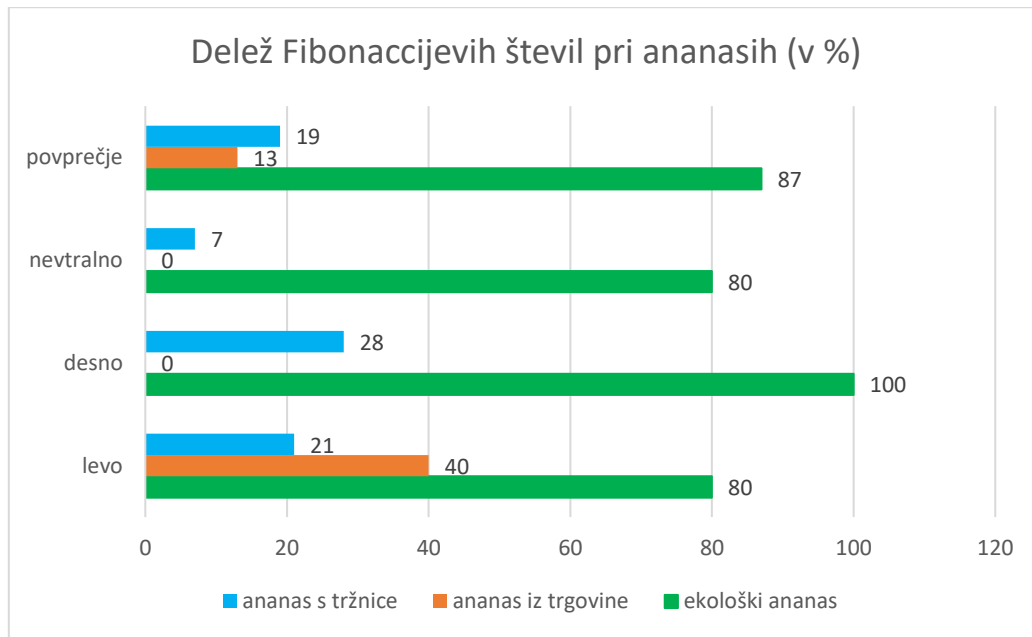
Preglednica 3: Delež Fibonaccijevih števil pri ananasih iz trgovine

Spirale	delež Fibonaccijevih števil (v %)
levo	80
desno	100
navpično	80
povprečje	87



V preglednico sem zapisal izračun odstotka Fibonaccijevih števil v posameznih spiralah pri ananasih s certifikatom. Pri teh ananasih sem dobil največje deleže od vseh treh skupin.

Poskus določanja filotakse pri ananasu



Ugotovil sem, da število spiral pri ananasih iz trgovine in tržnice ni podobno kot pri ananasih z ekološkim certifikatom. Zelo odstopa ekološki ananas, saj ima od 80 do 100 % Fibonaccijevih števil. Najmanj Fibonaccijevih števil imajo ananasi, kupljeni v trgovini. Pri teh sem ugotovil, da so imeli povprečno 13 % teh števil s tem, da jih v navpični smeri in v desnih spiralah ni bilo, vsa so bila v levih spiralah (40 %). Pri ananasih s tržnice sem ugotovil, da imajo v vseh smereh zastopana Fibonaccijeva števila, čeprav v manjši meri kot ekološki ananasi. Povprečno so imeli 19 % Fibonaccijevih števil, največ v desnih spiralah (28 %) in najmanj v navpični smeri (7 %).



Sliki 17 in 18: Ananasa iz trgovine Hoferja na Viru sta bila različne velikosti, čeprav sta bila iz istega zaboja, ki je prišel s plantaže na Kostariki.

Pri prekomernem škropljenju se lahko zgodi, da škropljenje (pesticidi in tudi fungicidi) vplivajo na dedni zapis ananasa ter tudi na njegovo zunanost. Zaradi škropljenja in tudi cepljenja dobimo ananasa, ki so veliko večji v primerjavi s tistimi, ki jih najdemo v naravi, zato so tako bolj privlačni za potrošnika.

Iz rezultatov, ki sem jih dobil, sem opazil, da se je, četudi je bil vzorec manjši, pojavilo največ Fibonaccijevih števil pri ananasih z ekološkim certifikatom, pri ananasih iz trgovine nekaj manj, pri ananasih s tržnice pa bistveno manj.

Ob koncu lahko podam dokaj drzno trditev, da sedaj vem, ali je ananas škropljen, ali ne, preprosto tako, da mu preštejem spirale. Več, kot dobim Fibonaccijevih števil, bolj naraven (neoporečen) je ananas.

3.5 KAJ JE ŠLO PRI MOJEM RAZISKOVANJU NAROBE?

Zavedam se, da sem se svojega raziskovanja lotil zelo nesistematično. Na začetku me je gnala le radovednost, zato si nisem dosledno zapisoval vseh oznak z deklaracij. Sedaj so te etikete na žalost že na deponiji, ananase pa smo že zdavnaj uporabili. Če bi že takrat vedel, da bom o tem pisal raziskovalno nalogo, bi zagotovo vse podatke o posameznem ananasu shranil, vse ananase bi predhodno stehal in natančno izmeril. Tako bi naredil pravi znanstvenik.

Ugotavljam naslednje napake pri raziskovanju:

- Moral bi natančno preučiti vse deklaracije o ananasih, da bi izvedel čim več informacij o izvoru in pridelavi. Ugotovil bi tudi čas nabiranja in kraj nabave ananasa.
- Ugotoviti bi moral, katere vrste so ananasi, da bi ugotavljal razlike med njimi. Meriti bi moral tudi obseg, višino in maso ananasov.
- Za potrditev svojih ugotovitev bi moral imeti vsaj po tri ananase iste vrste.
- Bolj bi se moral posvetiti tudi foto-dokumentiranju samega postopka in štetja spiral.

4 RAZPRAVA

4.1 PRIMERJAVA UGOTOVITEV Z LITERATURO

Marija Vencelj je zapisala: »Posebno razločni so zavoji pri ananasu, katerega bolj ali manj šestkotne luske so vidno urejene v vijačnice, ki potekajo v treh različnih smereh. Opazimo lahko **5 vzporednih vrst, ki vodijo v desno položno navzgor, 8 vrst gre nekoliko bolj strmo levo navzgor, 13 vrst pa se strmo ovija desno navzgor.** Včasih so smeri ustrezno zamenjane. Vidimo, da se tudi pri tem tipu filotakse pojavljajo samo Fibonaccijeva števila.«¹⁹

V primeru Marije Vencelj vsota največjega števila (desno navzgor) **predstavlja vsoto ostalih dveh** (strmo levo in položno desno). Pri ananasih iz trgovine Hofer sem ugotovil, da imajo po **10 vzporednih spiral v desno smer navzgor, 10 spiral v levo smer navzgor in 8 v navpično smer.** Kakor vidimo, se število spiral ne ujema z navedbami Marije Vencelj. Od česa je to odvisno? Sklepam, da je razlika zaradi druge sorte oz. vrste ananasa, mogoče zaradi ekološke pridelave ananasa ali iz kakšnega drugega razloga.



Sliki 19 in 20: Štetje lusk pri manjšem in večjem ananasu 23. 3. 2021.

¹⁹ Marija Vencelj, 2002, str. 8.

4.2 PREVERJANJE HIPOTEZE

Z raziskavo sem želel potrditi predvidevanje, da uporaba pesticidov in drugih fitofarmaceutskih sredstev vpliva tudi na prisotnost Fibonaccijevih števil v sistemu lusk pri ananasu. Postavil sem hipotezo: **Ekološko gojeni ananasi imajo 90 % lusk razporejenih po Fibonaccijevem zaporedju, neekološko gojeni ananasi pa manj kot 50 %.**

Ugotovitev: Hipoteza se je na splošno potrdila.

Ekološko gojeni ananasi so imeli povprečno 87 % Fibonaccijevih števil (po 80 % v nevtralni in levi smeri in 100 % v desni smeri). Ananasi s tržnice in iz trgovine pa so močno odstopali od Fibonaccijevega zaporedja števil. Ananasi s tržnice so imeli samo 19 % Fibonaccijevih števil, ananasi iz trgovine pa samo 13 %. Glede na te ugotovitve lahko potrdim, da se ekološko pridelani ananasi najbolj približajo Fibonaccijevemu zaporedju in da uporaba pesticidov in drugih fitofarmaceutskih sredstev vpliva tudi na razporeditev lusk pri ananasu.

5 ZAKLJUČEK

S to raziskovalno nalogo sem ugotovil, da bi lahko na osnovi Fibonaccijevega števila pri razporeditvi lusk pri ananasu ugotovili, na kakšen način je bil sadež pridelan. Če je bil pridelan ekološko, potem so spirale po Fibonaccijevem zaporedju števil zelo pogoste.

Z raziskovalno nalogo sem spoznal postopek raziskovanja in ugotovil, kje vse so bile moje pomanjkljivosti. Pri novih poskusih bi bil bolj pozoren, še posebno na podatke iz deklaracij.

Raziskavo bi lahko nadaljeval na več načinov. Lahko bi ugotavljal, zakaj se razlikuje število spiral pri ananasih. Ali je to odvisno od vrste oziroma sorte ananasa ali na to vpliva način pridelave oziroma pogoji, v katerih zraste? Že to mojo raziskavo bi bilo dobro ponoviti tako, da bi v analizo vključil več ananasov iz posameznih nakupovalnih mest, s tržnice, različnih trgovin in posebej iz trgovine z ekološkimi pridelki. Šele pri večjem številu ananasov iste vrste in istega izvora bi zares lahko potrdil svoja predvidevanja, da so ekološko pridelani ananasi

resnično bolj naravni in imajo bolj popolna Fibonaccijeva števila. Kljub temu, da moja raziskava ni bila popolna, pa mi je dala veliko zanimivih spoznanj.

7 LITERATURA IN VIRI

- Ananas in njegova površina, projicirana na ravnino: Coxeter_Ananaszyklus.png (644x280). http://www.tydecks.info/online/Bilder/Coxeter_Ananaszyklus.png (22. 1. 2021).
- Nina Bahun: Optimizacija vozlišča v izbranem tri-vozliščnem Turingovem genetskem vezju, vgrajenem v *Escherichia coli*, FFA, Fakulteta za farmacijo, Ljubljana, 2020, povzetek, <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=117292&lang=eng> (23. 3. 2021).
- Fibonaccijeva števila in narava, The Fibonacci Numbers and Golden Section in Nature – 1. 2010. <http://www.maths.surrey.ac.uk/hosted-sites/R.Knott/Fibonacci/fibnat.html> (22. 1. 2021).
- Mojca Leskovec: Filotaksa, diplomsko delo, Pedagoška fakulteta, Oddelek za matematiko in računalništvo, Ljubljana, 2005. <http://www2.arnes.si/~mlesko5/> (22. 1. 2021).
- Petra Sladek, univ. dipl. biol.: Ananas, biologija, Društvo raznolikost, <http://raznolikost.si/slo/ananas> (23. 3. 2021).
- Plantaža ananasa, Geografija, <https://www.facebook.com/256364071165468/posts/1138758779592655/> (23. 3. 2021).
- Alan Turing : Alan_Turing_photo.jpg (355x444). http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/c/c8/Alan_Turing_photo.jpg (22. 1. 2021).
- Veliki slovar tujk, urednik Miloš Tavzes, Ljubljana, Cankarjeva založba, 2006.
- Marija Vencelj: Urejena lepota rastlin – Filotaksa in Fibonaccijeva števila, Presek, List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje, Letnik 30, 2002/2003, številka 1, str. 5-11. www.presek.si/30/1502-Vencelj.pdf. 2010. <http://www.presek.si/30/1502-Vencelj.pdf> (22. 1. 2021).