

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Uroš BENEČ

**UPORABA MODELA ZA UGOTAVLJANJE
RAZPOREDITVE GOMOLJEV KROMPIRJA
(*Solanum tuberosum* L.) V TLEH**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Uroš BENEČ

**UPORABA MODELA ZA UGOTAVLJANJE RAZPOREDITVE
GOMOLJEV KROMPIRJA (*Solanum tuberosum* L.) V TLEH**

MAGISTRSKO DELO

**THE USE OF A MODEL FOR DETERMINATION OF POTATO
(*Solanum tuberosum* L.) TUBERS ARRANGEMENT IN SOIL**

M. SC. THESIS

Ljubljana, 2016

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 02.11.2015 je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za magistrski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja agronomije. Za mentorja je bil imenovan prof. dr. Rajko Bernik.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: doc. dr. Darja KOCJAN AČKO
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Rok MIHELIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Gorazd FAJDIGA
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Datum zagovora: 27.9.2016

Podpisani izjavljam, da je magistrsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Uroš Benec

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Md
DK	UDK 633.491:519.8(043.3)
KG	krompir/gomolji/razporeditev v tleh/razporeditev gomoljev/ matematični model/greben/
AV	BENEC, Uroš, univ. dipl. inž. agronomije
SA	BERNIK, Rajko (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje agronomije
LI	2016
IN	UPORABA MODELA ZA UGOTAVLJANJE RAZPOREDITVE GOMOLJEV KROMPIRJA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) V TLEH
TD	Magistrsko delo
OP	X, 65 str., 15 pregl., 49 sl., 40 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	V magistrski nalogi smo preizkusili model za določanje razporeditve gomoljev v tleh. Delovanje samega modela smo leta 2015 preizkusili v laboratoriju Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, praktično vrednost modela pa smo preizkusili na polju podjetja Zeleni Hit d.o.o. v Ljubljani. Pri preizkusu modela v laboratoriju smo določili korake za opravljanje meritev in naredili analizo rezultatov. Za optimalno določitev razporeditve gomoljev krompirja v tleh smo nadgradili program, ki sedaj omogoča 3D zajem podatkov. S tem lahko natančno ugotovimo horizontalni, vertikalni in vzdolžni razpon razporeditve gomoljev v tleh. S pomočjo programa za preračun oblike in gomoljev lahko natančno določimo tudi vertikalno pokritost gomoljev ter minimalno oddaljenost od levega ter desnega roba grebena (lehe). Določimo lahko tudi center gomoljev, ki je skupaj z maso gomoljev ključen parameter za izračun ploščine pahljače. Ob preizkusu modela v laboratoriju smo ugotovili, da je s programi mogoče natančno zajeti podatke, ter jih v programih tudi primerno obdelati. Tudi pri preizkusu modela na poskusnem polju smo na sorti krompirja Arizona spoznali, da je mogoče zajeti vse podatke, ki so potrebni za nadaljnjo obdelavo. Na podlagi izračunanih podatkov lahko z veliko gotovostjo trdimo, da model omogoča pridobiti vse potrebne podatke, s katerimi lahko merimo in zanesljivo napovemo razporeditev gomoljev krompirja v tleh, optimalno obliko grebena ter minimalno potrebno globino in razdaljo sajenja semenskega gomolja krompirja pri sorti Arizona. Z dodatnimi meritvami bi lahko te parametre določili za vsako sorto krompirja posebej.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Md
DC	UDC 633.491:519.8(043.3)
CX	<i>Solanum tuberosum</i> /potatoes/potato tubers /spread in the ground/mathematical models/ridge
AU	BENEC, Uroš
AA	BERNIK, Rajko (supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and Biotechnical Sciences, Field: Agronomy
PY	2016
TI	THE USE OF A MODEL FOR DETERMINATION OF POTATO TUBERS (<i>Solanum tuberosum</i> L.) ARRANGEMENT IN SOIL
DT	M. Sc. Thesis
NO	X, 65 p., 15 tab., 49 fig., 40 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	The master's thesis focuses on the testing of a model for determining the distribution of tubers in the ground. The functioning of the model was tested at the laboratory of the Biotechnological Faculty of the University in Ljubljana in 2015, while in practice the model was tested on a field owned by company Zeleni Hit d.o.o. in Ljubljana. After the laboratory testings, an analysis of the results was made and steps determined for the conducting of measurements in the field. To optimize the determining of the distribution of potato tubers in the ground, the programme was upgraded to include a three-dimensional presentation. This allows us to precisely determine the horizontal, vertical and parallel spans of the distribution of tubers in the ground. Using a programme calculating the shape and tubers, the vertical coverage of the tubers and their minimum distance from the left and right edges of the trench can be precisely determined. The programme also enables us to calculate the centre of tubers, which along with their mass is a key parameter for the calculation of the surface of the fan system. The laboratory testing of the model revealed that programmes can process data and analyse them with precision. The test of the model in the field, using the Arizona potato variety, revealed that the model includes all the data necessary for further processing. Based on the data calculated, it can be said with great certainty that the model enables the acquisition of all the necessary data to measure and plan with precision the distribution of potato tuber in the ground, the optimal shape of the trench and the minimum necessary depth and distance for the planting of the Arizona seed potato tubers. With additional measurements, these parameters could be determined for each variety of potato individually.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
1.1 POVOD ZA DELO	1
1.2 NAMEN RAZISKAVE	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	3
2 PREGLED OBJAV	4
2.1 PRIDELAVA KROMPIRJA V SVETU	4
2.2 PRIDELAVA KROMPIRJA V SLOVENIJI	4
2.3 SISTEMATIKA KROMPIRJA	5
2.4 OBLIKA IN ZGRADBA KROMPIRJEVE RASTLINE	5
2.4.1 Nadzemni deli	5
2.4.2 Gomolji	7
2.4.3 Korenine	8
2.5 MEDVRSTNA RAZDALJA	8
2.6 GLOBINA SADITVE IN POLOŽAJ GOMOLJEV	9
2.7 GREBEN ALI LEHA	10
2.8 OBLIKA GREBENA IN POLOŽAJ GOMOLJEV	11
2.9 VERTIKALNA POKRITOST GOMOLJA	14
2.10 VERTIKALNI, HORIZONTALNI IN VZDOLŽNI RAZPON	15
2.11 OKOPAVANJE IN OSIPAVANJE KROMPIRJA	16
2.12 TEŽAVE, NASTALE ZARADI NEPRAVILNO PRIPRAVLJENIH GREBENOV	17
2.12.1 Zeleni gomolji	17
2.12.2 Krompirjeva plesen (<i>Phytophthora infestans</i>)	18
2.12.3 Poškodbe gomoljev	19

2.12.4	Drugotna rast gomoljev in rjava pegavost	20
2.13	Sorta krompirja v poskusu	21
3	MATERIAL IN METODE	23
3.1	NAPRAVA ZA TRIDIMENZIONALNO KOORDINATNO MERJENJE	24
3.2	PROGRAM ZA OPRAVLJANJE MERITEV - MERITVE 3D	27
3.3	Merjenje površine preseka grebena in položajev GOMOLJEV	28
3.4	PROGRAM PRERAČUNŲ OBLIKE IN GOMOLJEV	30
3.5	KONČNA OBDELAVA PODATKOV IN IZračun površine ogrinjače	33
3.5.1	Statistična obdelava podatkov	34
3.6	POSTAVITEV POSKUSA	35
3.6.1	Vremenske razmere v času poskusa	35
3.6.2	Agrotehnična dela	37
3.6.3	IZKOP IN MERITVE	39
4	REZULTATI	41
4.1	PREIZKUS MERILNE NAPRAVE	41
4.1.1	Horizontalna porazdelitev gomoljev	44
4.1.2	Vertikalna porazdelitev gomoljev	46
4.1.3	Vzdolžna porazdelitev gomoljev	48
4.2	PREIZKUS MODELA NA POSKUSNEM POLJU	50
4.2.1	Površina prečnega preseka grebena	52
4.2.2	Vertikalna oddaljenost gomoljev krompirja od vrha grebena	53
4.2.3	Horizontalni, vertikalni in vzdolžni razpon	54
4.2.4	Površina ogrinjače	55
4.2.5	Modelni greben	56
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	59
6	POVZETEK (SUMMARY)	61
7	VIRI	63
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Pridelava krompirja v Sloveniji (ha, t, t/ha) (Statistični urad ..., 2015).....	4
Preglednica 2: tehnološki parametri sorte Arizona (Agrico, 2015).....	22
Preglednica 3: povprečne mesečne temperature zraka v letu 2015 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem 1961-1990 za Ljubljano Bežigrad (°C) (Meteo portal, 2015).....	35
Preglednica 4: Povprečna količina padavin v letu 2015 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem 1961-1990 za klimatsko postajo Ljubljano Bežigrad (mm) (Meteo portal, 2015).....	36
Preglednica 5: Uporabljen gnojila	38
Preglednica 6: Pridelek krompirja	50
Preglednica 7: Analiza pridelka.....	50
Preglednica 8: Pridelek zelenih gomoljev.	51
Preglednica 9: Analiza pridelka zelenih gomoljev	51
Preglednica 10: Meritve površine prečnega preseka grebena	52
Preglednica 11: Analiza vertikalne oddaljenosti gomoljev od vrha grebena	53
Preglednica 12: Horizontalni, vertikalni in vzdolžni razpon gomoljev krompirja v grebenu	54
Preglednica 13: Površine ogrinjače	55
Preglednica 14: Ogrinjača - statistična analiza.....	55
Preglednica 15: Modelni greben – izračunana dolžina stranic a, b in c (cm).....	58

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Oblak(ogrinjača) okrog gomoljev ter elipsa, ki ta oblak najbolj zajame v grebenu (lehi) (Bernik in sod., 2015)	3
Slika 2: Pridelava krompirja po regijah v letu 2014 v odstotkih (FAOSTAT, 2015)	4
Slika 3: Zgradba krompirja (prirejeno po: Canadian, 2013b)	6
Slika 4: Grozdasto socvetje in zvezdast cvet (Kocjan Ačko in Goljat, 2005).....	6
Slika 5: Gomolj a.) z očesi, b.) z brsti, c.) s kaliči (Kocjan Ačko in Goljat, 2005).....	7
Slika 6: Koreninski sistem pri krompirju iz pravega semena (Kocjan Ačko in Goljat, 2005)	8
Slika 7: Semenski gomolj (foto: F. Vučajnk, 2009)	9
Slika 8: Položaj gomoljev v grebenu	10
Slika 9: Površina prečnega preseka grebena (Vučajnk, 2009)	11
Slika 10: Oblika grebenov (Arends in Kus, 1999: 87	12
Slika 11: Greben - vertikalna pokritost semenskega gomolja: a.) rastno območje, b.) vertikalna pokritost gomolja	14
Slika 12: Greben - vertikalna pokritost semenskega gomolja: a.) rastno območje, b.) horizontalni razpon c.) vertikalni razpon	15
Slika 13: Osipalnik za krompir (Vučajnk, 2009).....	16
Slika 14: Zeleni gomolji (Greening, 2015).....	17
Slika 15: Krompirjeva plesen (<i>Phytophthora infestans</i>) (Late blight, 2015)	18
Slika 16: Modrica pri krompirju (Bruise and damage, 2015)	19
Slika 17: Sekundarna rast gomoljev	20
Slika 18: Krompirjev gomolj sorte Arizona (Interseme, 2015).....	22
Slika 19: Koordinatna merilna naprava pri meritvi v Zaborštu v letu 2009. 1.) križni voziček, 2.) prečno vodilo, 3.) vzdolžno vodilo, 4.) navpično vodilo, 5.) ogrodje, 6.) tipalna konica, 7.) vretena za nastavitev lege naprave (Vučajnk, 2009).....	25
Slika 20: Koordinatna merilna naprava 1.) merilni pretvorniki, 2.) libeli, 3.) križni voziček, 4.) voziček vertikalnega vodila (Vučajnk 2009)	26
Slika 21: Delujoči uporabniški vmesnik.....	27
Slika 22: Položaj gomoljev x/y/z v mm od izhodiščnega položaja v datoteki »MERITEV GREBENA.LVM«	28
Slika 23: Gomolj krompirja in tipalo.....	29
Slika 24: Meritev gomolja v vseh treh straneh (X, Y, Z)	29
Slika 25: Računalniški program »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«	31

Slika 26: Grafični prikaz funkcije za izračun površine ogrinjače	34
Slika 27: Klimadiagram za obdobje april – avgust v letu 2015 za klimatsko postajo Ljubljano Bežigrad (mm)	36
Slika 28: Poskusno polje (RKG-GERK, 2015)	37
Slika 29: Posajen krompir na medvrstno razdaljo 75 cm in razdaljo v vrsti 25 cm	37
Slika 30: Nasad krompirja v polni rasti	38
Slika 31: Gomolji enega grma krompirja med rastno dobo.....	39
Slika 32: Meritve na polju Zeleni hit d.o.o.....	40
Slika 33: Priprava mesta v grebenu za opravljanje meritev	40
Slika 34: Vzdolžni, vertikalni in horizontalni razpon.....	41
Slika 35: Kovinski model optimalnega grebena.....	42
Slika 36: 3D model gomolja krompirja	43
Slika 37: Gomolji, postavljeni horizontalno na greben	44
Slika 38: 3D meritev horizontalno porazdeljenih gomoljev.....	44
Slika 39: Prikaz horizontalne porazdelitve gomoljev pri preizkusu delovanja programa (prt. Sc programa preračun oblike in gomoljev)	45
Slika 40: Gomolji, postavljeni vertikalno na greben	46
Slika 41: 3D meritev vertikalno porazdeljenih gomoljev.....	46
Slika 42: Prikaz vertikalne porazdelitve gomoljev pri preizkusu delovanja programa (prt. Sc programa preračun oblike in gomoljev)	47
Slika 43: Gomolji, postavljeni zaporedno po dolžini grebena.....	48
Slika 44: 3D meritev vzdolžno na greben porazdeljenih gomoljev.....	48
Slika 45: Prikaz vzdolžne porazdelitve gomoljev pri preizkusu delovanja programa (prt. Sc programa preračun oblike in gomoljev)	49
Slika 46: Zeleni gomolji krompirja zmanjšujejo tržni pridelek	51
Slika 47: 3D grafični prikaz enega izmed merilnih mest.	56
Slika 48: Greben: a: ogrinjača (rastno območje), b: vertikalna oddaljenost med gomoljem in vrhom grebena, c: oddaljenost od desnega roba grebena, d: oddaljenost od levega roba grebena, e: širina vrha grebena.	57
Slika 49: Greben in razponi. a.) medvrstna razdalja, c) širina vrha grebena, v) priporočljiva višina grebena.....	58

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

- 2D** Je pridevnik za dvodimenzionalni prostor in predstavlja grafični elemente, ki so ravni ali ležijo v ravnini (x, y).
- 3D** Je pridevnik za tridimenzionalni prostor. Opisuje območje v prostoru, ki ima širino, višino in globino.
- 3D – grafika** Prikazuje predmet, ki ima tri referenčne osi: višino, širino in globino (x, y in z).
- LabVIEW** Grafično programersko okolje.
- MATLAB** Programski paket za numerično analizo.

1 UVOD

Krompir je nepogrešljiva poljščina v prehrani ljudi. Vsebuje namreč veliko beljakovin, vitaminov in mineralov ter le majhno količino maščob (Kus, 1994).

Krompir je trenutno četrta najbolj pomembna kulturna rastlina po količini pridelane hrane na svetu. Bolj kot krompir so pomembni le še riž, pšenica in koruza. Iz tega lahko sklepamo, da je krompir izrednega pomena za prehrano številnega prebivalstva, njegov pomen pa se še povečuje. Strokovnjaki celo pričakujejo, da se bo v naslednjih letih proizvodnja krompirja še povečevala (USDA, 2015).

1.1 POVOD ZA DELO

V Sloveniji žal ni več prehranske industrije, ki bi krompir potrebovala v večjih količinah. Večina pridelanega krompirja se tako proda kot živilo za svežo potrošnjo na tržnicah in v živilskih trgovinah. Pridelovalec mora zato izbrati sorte, ki ustrezajo glede kakovosti. S prilagojeno agrotehniko pa je potrebno pridelati dovolj tržnega krompirja tako, da bo tudi pridelovalec ekonomsko zadovoljen. Tako so obrati za pranje in pakiranje oziroma le pakiranje edini način prodaje krompirja za večje pridelovalce. V zadnjem obdobju se sicer tudi v Sloveniji odpirajo t.i. lupilnice krompirja. Tu krompir olupijo in takega ponudijo na trgu.

Za prodajo na tržnicah in v živilskih trgovinah (pran-pakiran krompir) je primeren samo krompir (Projekt Prima, 1999):

- ki ima dimenzijo med 35 in 75 mm,
- ki ima najmanj 17.7 % sušine oz. 320 g podvodne teže,
- se preveč ne razkuhava,
- je enakomerno zrel,
- ni okužen z nevarnimi glivicami ali bakterijami,
- ima napake le v dovoljeni meji. Kot dovoljene napake se štejejo: krastavost, pozelenelost, mehanske poškodbe, železna pegavost, steklavost in votlo srce.

Za realizacijo postavljenih ciljev lahko veliko stori že pridelovalec sam in sicer (Projekt Prima, 1999):

- s pravilno izbiro sorte krompirja glede na namen uporabe. Pridelovalec lahko vpliva na število gomoljev na eno rastlino z izbiro sorte krompirja in gostoto saditve, s katero zagotovi optimalno število rastlin na kvadratni meter. Sorta krompirja, ki jo izbere, mora pridelovalcu optimalno ustrezati glede na tip tal in kmetijsko mehanizacijo, ki jo ima na voljo,

- z zgodnjo saditvijo krompirja lahko pridelovalec podaljša rastno dobo, zato je pridelek večji,
- z dobro in pravilno pripravljenimi grebeni,
- s saditvijo zdravega semena, ker le-ta hitro vzkalijo in vznikne,
- z namakanjem in redno zaščito nasada, kar omogoča dobro rast gomoljev,
- s pravočasno izpeljano desikacijo, s čimer pripomoremo tudi k dobremu skladiščenju krompirja,
- pridelovalec mora polno pozornost posvetiti tudi spravilu in sortiranju pridelka. Le tako prepreči fizične poškodbe, ki lahko kasneje vodijo v propad gomoljev,
- z ustreznim gnojenjem.

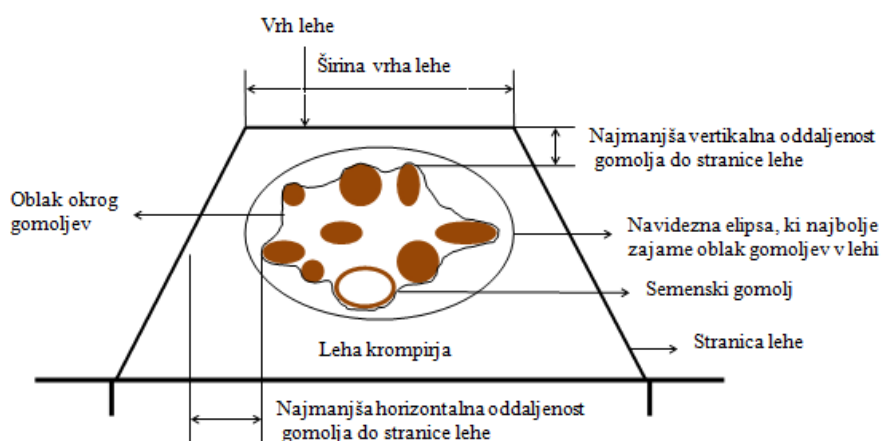
Pridelava krompirja se tako v Sloveniji kot tudi v svetu koncentrira pri večjih tržnih pridelovalcih, ki si želijo čim večjih pridelkov gomoljev tržne velikosti. Vsak manjši tržni pridelek pomeni tudi manjšo ekonomičnost pridelave, zaradi česar se dolgoročno zmanjšuje konkurenčnost posameznih pridelovalcev in nenazadnje celotne panoge. Vsak pridelovalec je usmerjen predvsem k dvema pomembnima dejavnikoma. To sta pridelek in kakovost krompirja. Pod pridelek uvrščamo pridelek na hektar tržnega krompirja in je odvisen predvsem od velikosti in števila gomoljev pri eni rastlini. Pod kvaliteto krompirja pa lahko uvrstimo suho snov, gladkost kože gomoljev, skladiščenje in kulinarične lastnosti (Projekt Prima, 1999).

Pridelovalci zato posegajo po novejših sortah, ki omogočajo doseganje visokih pridelkov. Vendar pa kmetovalci novim sortam še niso dovolj prilagodili tehnologije. Premajhni grebeni in preveliko število gomoljev v vrsti so tudi razlog, da so gomolji krompirja bolj izpostavljeni vremenskim vplivom (visoke temperature, sušni stres ...). Velika težava pridelovalcev so zato različne poškodbe in napake, ki nastanejo na gomoljih zaradi nepravilno oblikovanih grebenov, preplitvega sajenja itd., posledica je zelenenje gomoljev, plesen na gomoljih itd. (Vučajnk, 2006).

1.2 NAMEN RAZISKAVE

Pri različnih sortah krompirja lahko opazimo, da imajo različno razporejene gomolje v grebenu. Razporeditev gomoljev se razlikuje tako v horizontalni kakor tudi v vertikalni liniji. V raziskavi nameravamo ugotoviti usmerjenost gomoljev. Tako želimo na eni sorti krompirja z matematičnim zapisom opredeliti površino oblike okoli gomoljev. Pričakujemo, da so gomolji v grebenu razporejeni v elipsi oziroma v geometrijskem liku nepravilnih oblik – ogrinjači (elipsa, geometrijski lik nepravilnih oblik – ogrinjača (slika 1)) okoli glavnega gomolja. Da bi lahko določili horizontalni, vertikalni in vzdolžni razpon, razporeditev gomoljev in površino oblike, moramo najprej določiti položaje posameznih gomoljev krompirja v grebenu. V raziskavi bomo za to uporabili tridimenzionalno koordinatno merilno napravo. Na podlagi meritev smo razvili ustrezen matematičen model, s katerim smo na osnovi meritev položajev gomoljev določili površino oblike (ogrinjače) okoli gomoljev.

Površina oblike okoli gomoljev bi lahko usmerjala pripravo grebenov pri saditvi krompirja. Pri pridelavi krompirja si želimo čim večje število tržnih gomoljev. Ker ocenjujemo, da se površina oblike okoli gomoljev med različnimi sortami razlikuje, bi ta parameter lahko pomenil novo sortno lastnost krompirja. Glede na ugotovljene rastne zahteve po prostoru bomo lahko določili optimalno prilagojeno obliko grebena za katero koli sorto krompirja in to na tak način, da bo pridelek največji, zelenih gomoljev ter ostalih fizioloških poškodb na krompirju pa čim manj.



Slika 1: Oblak(ogrinjača) okrog gomoljev ter elipsa, ki ta oblak najbolje zajame v grebenu (lehi) (Bernik in sod., 2015)

Figure 1: Tuber cluster and ellipse characteristics of potato ridge (Bernik et al., 2015)

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

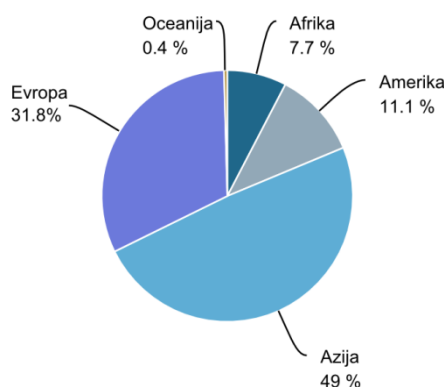
Pri ugotavljanju uporabnosti matematičnega modela za ugotavljanje razporeditve gomoljev krompirja v tleh smo postavili dve hipotezi:

- 1) Model zanesljivo napoveduje razporeditev gomoljev krompirja v grebenu v poljskih razmerah.
- 2) S pomočjo modela lahko natančno določimo optimalen greben za določeno sorto krompirja.

2 PREGLED OBJAV

2.1 PRIDELAVA KROMPIRJA V SVETU

Krompir se prideluje po vsem svetu. Pridelujejo ga od subtropskih območij, zmerno toplih območij ter vse do sedemdesetega vzporednika. Večinoma je zasajen na ravninah, v alpskem svetu uspeva do nadmorske višine 1400 nm, ponekod po svetu pa tudi na gorskih planotah visokih do 4000 m (Kocjan Ačko in Goljat, 2005). V svetovnem merilu letno pridelamo okoli 321 milijonov ton (FAOSTAT, 2015) krompirja na okoli 19,5 milijonov hektarjev. Od tega Evropa in Azija skupaj pridelata več kot 80 % vse svetovne proizvodnje. Kitajska je trenutno država z največjo proizvodnjo krompirja. Kitajska skupaj z Indijo pridelata kar tretjino vsega krompirja na svetu. Krompir je pomembna poljščina v prehrani ljudi, še posebej pa je pomemben za prebivalce najrevnejših držav, zlasti držav v razvoju.



Slika 2: Pridelava krompirja po regijah v letu 2014 v odstotkih (FAOSTAT, 2015)
Figure 2: Potatoe production by regions in 2014 (FAOSTAT, 2015)

2.2 PRIDELAVA KROMPIRJA V SLOVENIJI

V Sloveniji se pridelava krompirja zmanjšuje. Iz preglednice 1 je razvidno zmanjševanje skupnih površin, ki so namenjene pridelovanju krompirja. V Sloveniji smo imeli leta 2000 8.952 ha površin posajenih s krompirjem, leta 2015 pa zgolj le še 3.318 ha. Trenutna stopnja samooskrbe s krompirjem je med 45 in 50 % (Statistični urad..., 2015).

Preglednica 1: Pridelava krompirja v Sloveniji (ha, t, t/ha) (Statistični urad ..., 2015)
Table 1: Potato production in Slovenia (ha, t, t/ha) (Statistični urad ..., 2015)

Posevek	Krompir							
Leto	1991	1995	2000	2005	2012	2013	2014	2015
Površina (ha)	13.087	10.070	8.952	6.306	3.386	3.307	3.600	3.318
Pridelek - skupaj (t)	181.189	191.239	186.157	144.714	79.253	62.155	96.820	91.036
Pridelek na ha (t/ha)	13,9	19	20,8	22,9	23,4	18,8	26,9	27,4

2.3 SISTEMATIKA KROMPIRJA

Krompir spada v družino Solanaceae in v rod *Solanum*. V tem rodu so tudi paradižnik, tobak, jajčevac, paprika in številni pleveli. V rod *Solanum* spada okoli 150 samoniklih in 7 kulturnih vrst krompirja z več tisoči sortami, ki oblikujejo gomolje. Vrste iz rodu *Solanum* so lahko diploidne, tetraploidne, pentaploidne in heksaploidne, z osnovnim številom kromosomov ($n = 12$).

Kraljestvo (<i>Regnum</i>) :	rastline (Plantae)
Deblo (<i>Phyllum</i>):	semenske (Spermatophyta)
Poddeblo (<i>Subphyllum</i>) :	kritosemenke (Magnoliophytina (Angiospermae))
Razred (<i>Clasis</i>):	dvokaličnice (Magnoliopsida (Dicotyledonae))
Podrazred (<i>Subclasis</i>):	Lamiidae
Nadred (<i>Superordo</i>):	Solananae
Red (<i>Ordo</i>):	razhudnikovci (Solanales)
Družina (<i>Familia</i>):	razhudnikovke (Solanaceae)
Rod (<i>Genus</i>):	razhudnik (<i>Solanum</i>)
Vrste (<i>Species</i>):	krompir (<i>Solanum tuberosum</i> L.)

2.4 OBLIKA IN ZGRADBA KROMPIRJEVE RASTLINE

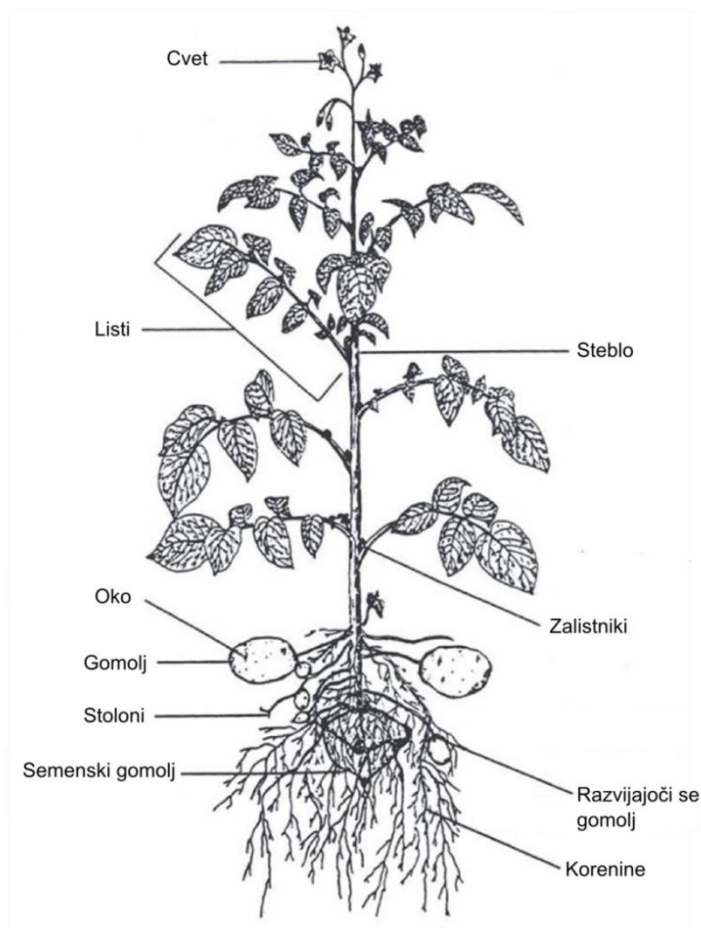
Krompirjeva rastlina je sestavljena iz nadzemnega dela, gomoljev in korenin. Zgradba krompirjeve rastline je prikazana na sliki 3.

2.4.1 Nadzemni deli

Med nadzemne dele krompirjeve rastline uvrščamo glavno steblo, stranska stebila, liste in cvetove.

Iz matičnega gomolja zraste glavno steblo, iz listnih pazduh pa poganjajo stranska stebila. Stebila so votla, le najnižji del je okrogel in čvrst. Na vsakem stebelnem kolenu je nameščen posamezen list. Listi so sestavljeni iz listnega vretena, stranskih lističev in vršnega lista. Na spodnji in zgornji strani listne površine so nameščene listne reže, skozi katere se izmenjujejo ogljikov dioksid, voda in kisik. Ko na stebelu zraste približno 17 listov, se na vrhu oblikuje socvetje. Iz dveh listnih pazduh, ki sta socvetju najbližje, poženeta bočna poganjka. Na njih zopet rastejo listi. Ko na njih zraste od 5 do 8 listov, se začnejo oblikovati cvetovi (slika 4). Tako se oblikujejo etaže, katerih število je odvisno od sorte, gostote stebel, oskrbe z vodo in gnojenja z dušikom. Ko socvetje odcveti, nastane zelena jagoda s semeni, ki se botanično imenuje pravo seme ali zbirni plod (Arends in Kus, 1999).

V jagodi se razvije do 200 semen. Semena merijo od 1,7 do 2,1 mm. Ko je seme še nezrelo in ne kali, je svetlo rumene barve. Ko seme dozori, postane rumenorjave barve (Kocjan Ačko in Goljat, 2005).



Slika 3: Zgradba krompirja (prirejeno po: Canadian, 2013b)

Figure 3: Illustration of a potato plant (adapted from the Canadian, 2013b)



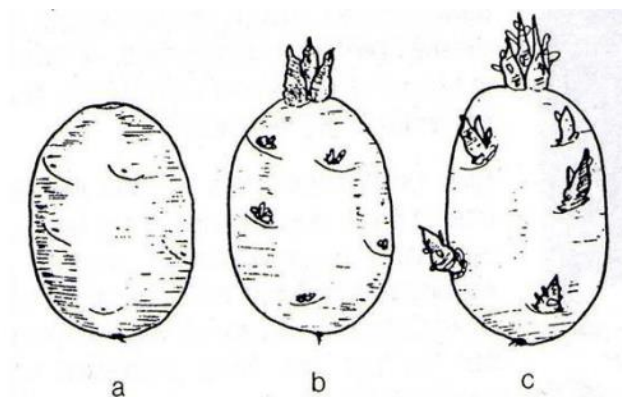
Slika 4: Grozdasto socvetje in zvezdast cvet (Kocjan Ačko in Goljat, 2005)

Figure 4: Illustration of a potato plant (Kocjan Ačko and Goljat, 2005)

2.4.2 Gomolji

Gomolji krompirja nastanejo na temenu podzemnih stebel. Podzemna stebela ali stoloni zrastejo iz nastavkov v pazduhah podzemnega dela stebel. Podzemna stebela so deli stebel, ki rastejo vodoravno in se lahko vejijo v temi. O začetku oziroma snovanju gomolja lahko začnemo govoriti takrat, ko se začne teme podzemnega dela stebela debeliti. Del, kjer je gomolj povezan s stolonom, imenujemo popek, ostali del pa teme gomolja (slika 5). Samo število očesc je v prvi vrsti odvisno od sorte ter debeline gomolja. Na gomolju lahko opazimo tudi lencitele, ki skrbijo za izmenjavo plinov (Kus, 1994).

Kožo gomoljev sestavljajo oplutenele celice. Ko je gomolj dozorel, obsega koža od 5 do 15 celičnih plasti, ki varujejo gomolj pred izgubo vlage ter mikroorganizmi. Pod kožo je plutasti kambij, to je razmnoževalno tkivo, ki ustvarja oplutenele celice. Pod plutastim kambijem je plast škroba, temu sledi žilni obroč. Po žilnem obroču se pretaka voda z minerali in ogljikovimi hidrati. V rastni dobi gomolj dobi vodo preko stolonov, v času kalitve pa se voda iz gomolja pretaka preko očesc do kaličev. V kolikor pride do poškodbe gomolja, na tem mestu nastane nova plutasta plast, ki gomolj zavaruje. Ta proces najbolj poteka pri temperaturi med 12 in 18 °C, če je dovolj kisika in dovolj vlage. Če je gomolj izpostavljen svetlobi, začnejo ob kalitvi nastajati svetlobni kaliči, to so začetki stebela. Ti svetlobni kaliči kažejo pomembne lastnosti posameznih sort in po njih že lahko prepoznamo različne sorte (Arends in Kus, 1999).



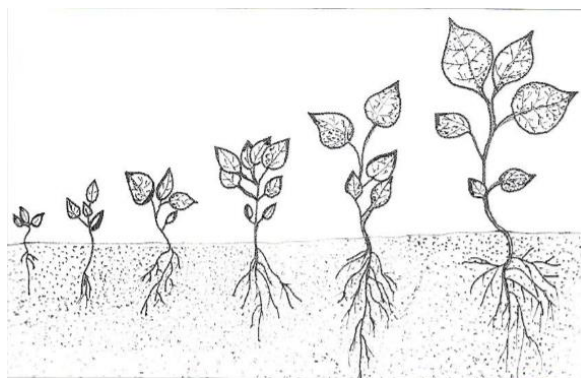
Slika 5: Gomolj a.) z očesi, b.) z brsti, c.) s kaliči (Kocjan Ačko in Goljat, 2005)

Figure 5: Tuber a.) eye, b.) with nodes, c.) with sprouts (Kocjan Ačko and Goljat, 2005)

Gomolji se med seboj razlikujejo tako po barvi kože in mesa, kakor tudi po obliki in velikosti. Velikost gomoljev je odvisna od rastnih razmer, dolžine rastne dobe in dednih lastnost posamezne sorte. Po obliki pa gomolje krompirja delimo na okrogle, ovalne, okrogloovalne, jajčaste in nepravilnih oblik (Arends in Kus, 1999).

2.4.3 Korenine

Glavno korenino ima zgolj krompirjeva rastlina, ki zraste iz pravega semena. Pri saditvi gomoljev pa imamo stranske korenine, ki zrastejo iz poganjkov iz pazduh podzemnih delov stebel in stolonov (Arends in Kus, 1999). Krompirjeva rastlina ima šibak koreninski sistem, ki navadno ni globlji od 50 cm (slika 6). Izjemoma lahko korenine dosežejo večje globine, vendar le takrat, ko nimajo ovir. Med cvetenjem je intenziteta rasti korenin največja. Med dozorevanjem gomoljev pa rast postopoma oslabi (Kocjan Ačko in Goljat, 2005).



Slika 6: Koreninski sistem pri krompirju iz pravega semena (Kocjan Ačko in Goljat, 2005)
Figure 6: The root system of the potatoes from true seed (Kocjan Ačko and Goljat, 2005)

2.5 MEDVRSTNA RAZDALJA

Medvrstna razdalja pri krompirju je posebnega pomena. Novejše, bolj rodne sorte imajo namreč večjo in širšo porazdelitev gomoljev v grebenu (Vučajnk, 2009), kar sili pridelovalce tudi k povečevanju volumna grebena. Le tako lahko namreč zagotovijo, da so vsi gomolji dovolj na debelo pokriti s prstjo. Večanje medvrstne razdalje je tako ena izmed možnosti za povečanje volumna grebena. Vendar pa je širina medvrstnega prostora odvisna tudi od koloteka traktorja in druge kmetijske mehanizacije, ki jo pridelovalec uporablja. Večja medvrstna razdalja nam omogoča tudi uporabo močnejših traktorjev s širšimi pnevmatikami. Poleg tega pa nam širši medvrstni prostor omogoča tudi lažje vodenje traktorjev in osipalnikov pri večjih hitrostih. Večja medvrstna razdalja pa ima še več prednosti. Ker se vrste kasneje strnejo, imamo na razpolago več časa za kemično varstvo rastlin in mehansko zatiranje plevelov. Ker so vrste bolj zračne, so tudi razmere za razvoj krompirjeve plesni manj ugodne (Scholz, 1969).

2.6 GLOBINA SADITVE IN POLOŽAJ GOMOLJEV

Položaj gomoljev je močno povezan z globino saditve (Kouwennhoven, 1967). Globlje kot bomo gomolje sadili, manj bo zelenih gomoljev, prav tako pa bo tudi verjetnost okužbe s plesnijo na gomoljih manjša. Gomolji, ki so globlje posajeni, imajo tudi boljše razmere za rast, saj so obdani z vlažno zemljo (slika 7). Vendar pa ima globlja saditev gomoljev krompirja tudi negativne lastnosti. Večja je namreč verjetnost, da nastanejo poškodbe na gomoljih ob spravilu ter da gomolji ob spravilu celo ostanejo v zemlji (Kouwennhoven 1970).



Slika 7: Semenski gomolj (foto: F. Vučajnk, 2009)

Figure 7: Seed potato (photo: F. Vučajnk, 2009)

2.7 GREBEN ALI LEHA

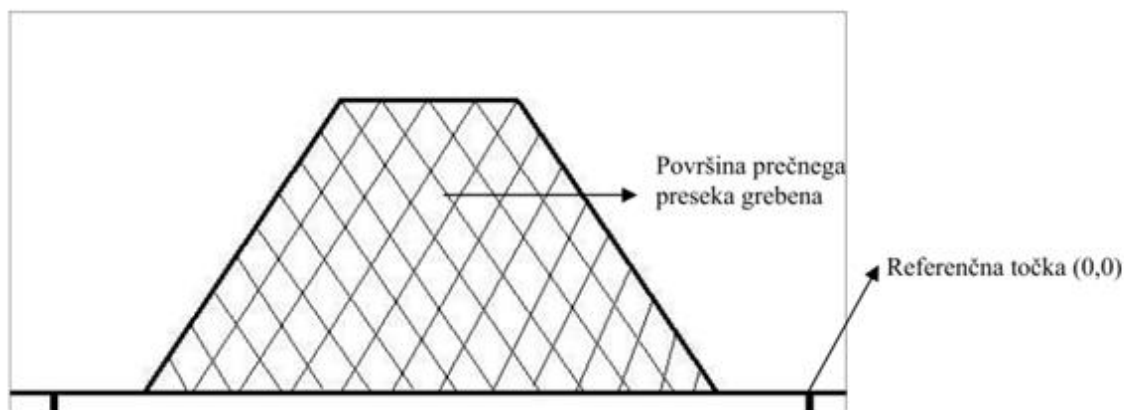
Greben ali leha je prostor, kjer bo krompir kalil, rasel ter oblikovali gomolje (slika 8). Greben že ob saditvi krompirja oblikujejo osipalne glave sadilnika. Strokovnjaki (Kouwenhoven in Perdok, 2000) priporočajo, da že ob osipanju oblikujemo grebene, ki posajene gomolje zagrnejo z najmanj 5 cm zemlje. Greben dokončno oblikujemo z osipalniki. Osipanje krompirja lahko izvedemo v enem ali več prehodih. Končno osipanje lahko izpeljemo tudi ob saditvi (Vučajnk, 2006). Kouwenhoven in Perdok (2000) ocenjujeta, da so lastnosti dobrega grebena v tem, da omogoča hiter vznik gomoljev krompirja, dobro rast, brez bolezni in škodljivcev. Na koncu pa nam dobro pripravljen greben omogoči tudi enostavno spravilo pridelka. Vsi grebeni na njivi morajo biti izenačene oblike in velikosti ter morajo omogočati, da so gomolji z vseh smeri obdani z enako količino zemlje, saj so le tako lahko vsi agrotehnični ukrepi opravljeni optimalno (Arends in Kus, 1999). V grebenih mora biti tudi dovolj prostora za rast in razvoj gomoljev na način, da so zavarovani pred zunanji vplivi (Dolničar, 2001).



Slika 8: Položaj gomoljev v grebenu
Figure 8: Tubers position in the ridge

2.8 OBLIKA GREBENA IN POLOŽAJ GOMOLJEV

O obliki grebena govorimo po opravljenem osipanju krompirja. Obliko grebena ocenjujemo kot površino prečnega preseka grebena, ki nastane pri predsetveni obdelavi tal in pri osipanju, izraženem v cm^2 (Kouwenhoven in Perdok, 2000) (slika 9).



Slika 9: Površina prečnega preseka grebena (Vučajnk, 2009)

Figure 9: Cross-sectional of the ridge (Vučajnk, 2009)

Tako lahko govorimo o zelo majhnih grebenih, ki imajo površino prečnega preseka med 500 in 600 cm^2 . Majhnih grebenih, ki imajo površino prečnega preseka med 600 in 900 cm^2 . O srednje velikih grebenih, ki dosega površino prečnega preseka od 900 do 1000 cm^2 ter o velikih grebenih, katerih površina prečnega preseka presega 1000 cm^2 (Kouwennhoven, 1970). Površina prečnega preseka grebena je v veliki meri odvisna od medvrstne razdalje (preglednica 2).

Preglednica 2: Površina prečnega preseka grebena v povezavi z medvrstno razdaljo (Vučajnk, 2006).

Figure 2: Cross section of the ridge in relation with the distance between the row (Vučajnk, 2006).

Površina prečnega preseka grebena	Medvrstna razdalja
500 – 600 cm^2	65 cm
600 – 1000 cm^2	75 cm
Več kot 1000 cm^2	90 cm

Prednost večjih grebenov je predvsem v tem, da imamo manj zelenih gomoljev, prav tako je manjša verjetnost za okužbo s krompirjevo plesnijo (*Phytophthora infestans*).

Vučajnk (2006) je v svojih poskusih dokazal, da je največja površina prečnega preseka grebena pri medvrstni razdalji 90 cm in sicer od 1211 do 1320 cm^2 . Kouwehoven in sod. (2003) so ugotovili, da potrebujejo sorte, ki imajo daljše gomolje in večji horizontalni razpon gomoljev v grebenu, greben, ki ima povprečno površino prečnega preseka večjo od 900 cm^2 . To pa je mogoče doseči le, če je medvrstna razdalja minimalno 75 cm. Arends in Kus (1999) v svojem delu navajata, da bi morala biti površina prečnega preseka grebena

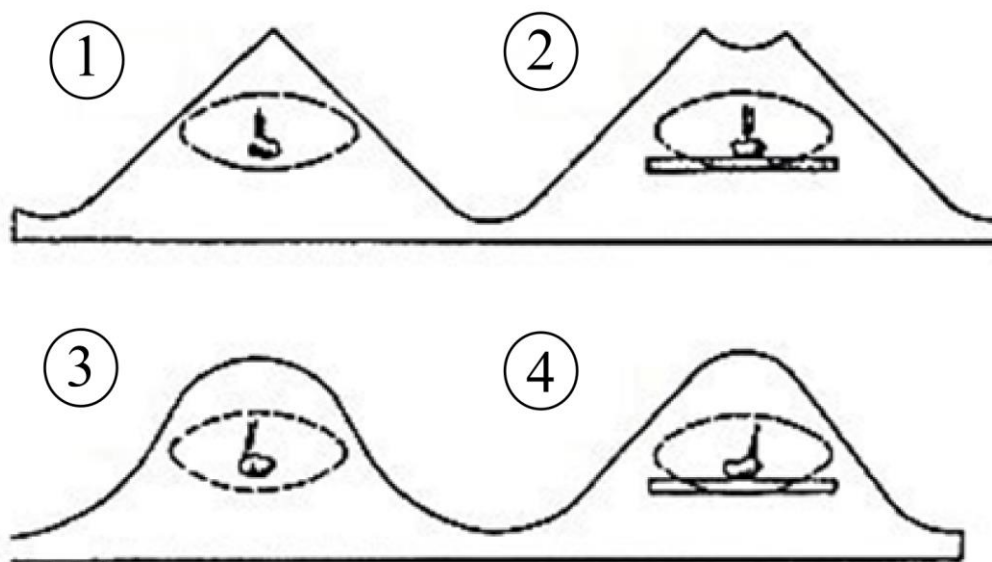
med 650 in 750 cm², medtem ko Gerighausen (1994) ugotavlja, da bi morala biti površina prečnega preseka grebena pri medvrstni razdalji 75 cm med 900 in 1000 cm².

Površina prečnega preseka se med rastno dobo spreminja predvsem zaradi padavin in rasti gomoljev. Pri tem se manjša višina grebenov, zemlja z vrha pa se nasuje na spodnji rob grebenov. Najbolj se površina prečnega preseka spremeni v obdobju od 30 do 50 dni po osipanju krompirja in sicer kar za od 8 do 18 % (Vučajnk, 2006). Kasneje se površina prečnega preseka spreminja manj, oziroma le do okoli 5 %. Prav tako se med rastno dobo spreminja stranica grebena, ki se iz 45° zmanjša na 40° (Kouwenhoven, 1978).

Oblika grebena mora biti prilagojena obliki položaja gomoljev v grebenu in podnebnim razmeram. Če imamo veliko padavin, imajo grebeni bolj strme robove, da lahko voda čim prej odteče, nasprotno pa imamo vrh grebena zaobljen, če pridelujemo krompir na območjih z manj padavinami. Oblika položajev gomolja je elipsoidna (Vučajnk, 2009), vendar se razlikuje v smeri vrste in prečno na njo.

Ardens in Kus (1999) delita grebene v štiri različne tipe (slika 10):

- greben s strmimi stranicami in koničastim vrhom,
- greben s strmimi stranicami in vbočenim vrhom,
- greben z vbočenimi stranicami in zaobljenim vrhom,
- greben s strmimi stranicami in zaobljenim ter nekoliko ploskim vrhom.



Slika 10: Oblika grebenov (Arends in Kus, 1999: 87)
Figure 10: Ridge forms (Arends and Kus, 1999: 87)

Arends in Kus (1999) tudi navajata, da je najprimernejša oblika grebena s strmimi stranicami in zaobljenim ter nekoliko ploskim vrhom. Taka oblika grebena omogoča, da je greben v pomladnih mesecih toplejši, prav tako pa zadrži tudi več vlage. Pri grebenu s strmimi stranicami in koničastim vrhom ter pri grebenu z vbočenimi stranicami in zaobljenim vrhom je manjša stranska zaščita. Pri grebenu z vbočenimi stranicami in zaobljenim vrhom pa obstaja veliko večja verjetnost, da bo spore krompirjeve plesni spiralo v notranjost grebena in bo zato prišlo do okužbe gomoljev.

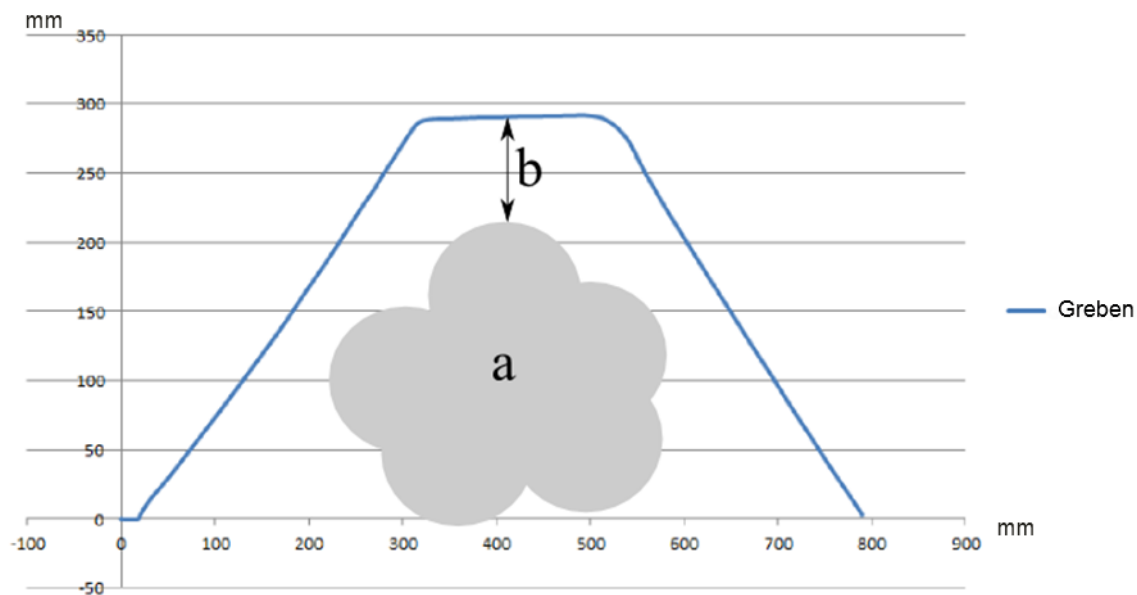
Bugarčič (2000) v svojem delu navaja, kako pomembno je za nadaljnjo rast krompirja, da se semenski gomolj nahaja natančno na sredini grebena, ki naj bo trapezne oblike. Višina grebena pa naj znaša od 20 do 25 cm.

2.9 VERTIKALNA POKRITOST GOMOLJA

Vertikalno pokritost gomolja določajo površina grebena, globina saditve ter čas osipanja (Vučajnk, 2009). Večja kot je vertikalna pokritost gomolja, nižja je temperatura tal okoli semenskega gomolja. Temperatura tal se namreč proti vrhu grebena povečuje, kar je še posebno problematično v toplih mesecih. Optimalna temperatura za kalitev krompirja je med 15 in 18 °C. Prav visoka temperatura v tleh, ki ogroža gomolj krompirja predvsem pri plitvi saditvi ali nizkih grebenih, povzroči sekundarno rast gomoljev ter s tem zmanjšanje pridelka tržnih gomoljev na hektar. Z vrha grebena navzdol pa se povečuje vsebnost vode v tleh. Prav pomanjkanje vlage v tleh v času kalitve je lahko pomembna težava pri pridelavi krompirja.

Pri manjši vertikalni pokritosti je večja verjetnost za nastanek zelenih gomoljev, prav tako pa je tudi večja verjetnost, da se bodo gomolji okužili s krompirjevo plesnijo (*Phytophthora infestans*). Nasprotno, pa je strojno spravilo krompirja veliko lažje, prav tako pa je tudi manj poškodb na gomoljih. Poznavanje položaja gomoljev je zato izrednega pomena predvsem za razvoj kmetijske tehnike, še posebno osipalnikov ter kombajnov za spravilo pridelka (Hawkins, 1957).

Optimalna pokritost gomoljev je med 5 in 10 cm zemlje (slika 11) (Kouwenhoven in sod., 2003). Pokritost je odvisna tudi od dolžine gomoljev. Gomolji, ki so daljši od 10 cm, lahko prej pozelenijo.

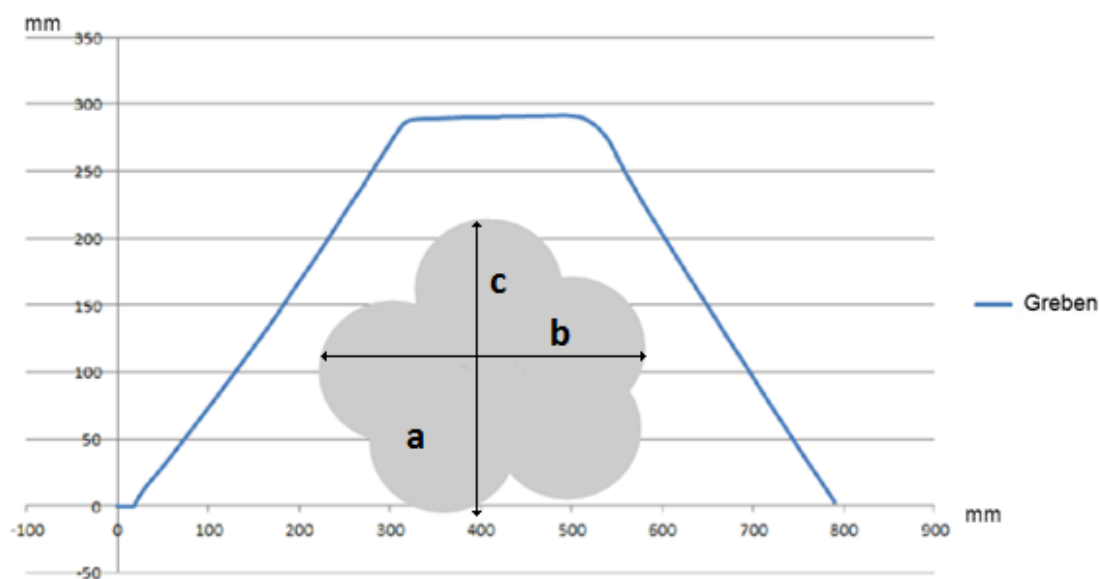


Slika 11: Greben - vertikalna pokritost semenskega gomolja: a.) rastno območje, b.) vertikalna pokritost gomolja

Figure 11: The ridge - vertical coverage of the seed tuber, a.) growing area, b.) vertical coverage of tuber

2.10 VERTIKALNI, HORIZONTALNI IN VZDOLŽNI RAZPON

Določanje vertikalnih, horizontalnih in vzdolžnih razponov je ključno za ugotavljanje razporeditve gomoljev v tleh. Potrpin in Bernik (2014) sta dokazala, da se horizontalni in vertikalni razponi med sortami statistično značilno razlikujejo (slika 12). Za vzdolžni razpon do sedaj niso opravili meritev. Poznavanje razponov bi pomenilo, da bi lahko delovne stroje pripravili optimalno za posamezno sorto v pridelavi. Prav tako bi lahko določili optimalno potrebno razdaljo v vrsti med gomolji ob saditvi, s čimer bi optimizirali pridelek.



Slika 12: Greben - vertikalna pokritost semenskega gomolja: a.) rastno območje, b.) horizontalni razpon, c.) vertikalni razpon

Figure 12: The ridge - vertical coverage of the seed tuber, a.) growing area, b.) horizontal span of tubers, c) vertical span of tubers

2.11 OKOPAVANJE IN OSIPAVANJE KROMPIRJA

Okopavanje in osipanje krompirja je pomemben tehnološki ukrep pri pridelavi krompirja. Z okopavanjem in osipanjem želimo namreč doseči, da bi imel krompir ustrezne rastne razmere, prav tako si želimo ustvariti kar najboljše možnosti za izkop. Pri okopavanju in osipanju krompirja zemljo zrahljamo ter oblikujemo enakomerne grebene. Istočasno pa izvedemo tudi mehanično zatiranje plevelov. Tako ima krompir idealne razmere za vznik, rast in razvoj rastline (Vučajnk, 2006). Krompir lahko osipamo pred, dokončno pa po vzniku (slika 13).

Novejši sadilniki za krompir imajo nameščene tudi osipalne glave, tako da lahko že ob saditvi dokončno oblikujejo greben (Vučajnk, 2006). Tako zmanjšamo število prehodov na površini. S tem zmanjšamo stroške in povečamo gospodarnost pridelave.



Slika 13: Osipalnik za krompir (Vučajnk, 2009)

Figure 13: Bed former (Vučajnk, 2009)

2.12 TEŽAVE, NASTALE ZARADI NEPRAVILNO PRIPRAVLJENIH GREBENOV

Nepravilno pripravljene grebeni ter bodisi preplitva ali pregloboka saditev lahko pomembno vplivajo na količino tržnih gomoljev. Ti dejavniki namreč pomembno vplivajo na količino zelenih gomoljev ter na okuženost gomoljev s krompirjevo plesnijo (*Phytophthora infestans*). Ob izkopu se poveča verjetnost, da nastanejo poškodbe na gomoljih. Prav tako pa ima oblika grebena ter globina saditve vpliv tudi na sekundarno rast gomoljev ter druge napake (Vučajnk, 2006).

2.12.1 Zeleni gomolji

Na položaj gomoljev v grebenu močno vpliva velikost grebena. V kolikor so gomolji premalo pokriti z zemljo oziroma so izpostavljeni svetlobi, postanejo zeleni (slika 13). Zeleni gomolji pa za prodajo oziroma predelavo niso več primerni, saj je v njih povečana vsebnost glikoalkaloida α -solanina.

Če so grebeni manjši, gomolji ležijo tik pod površjem prečnega preseka grebena. Tako so močnejše izpostavljeni svetlobi in ostalim vremenskim vplivom (Struik in Wiersema, 1999). Da bi zmanjšali število zelenih gomoljev, je pomembno, da leži semenski gomolj natančno na sredini grebena in je pokrit vsaj s 3,5 cm zemlje. Pri sortah, ki imajo manjšo horizontalno razporeditev gomoljev, je tudi možnost za nastanek zelenih gomoljev večja.

Vučajnk (2006) je ugotovil, da medvrstna razdalja pomembno vpliva na odstotek zelenih gomoljev. Ugotovil je, da je najvišji odstotek zelenih gomoljev pri medvrstni razdalji 66 cm, saj je v tem primeru največ gomoljev pokritih z manj kakor 5 cm zemlje. Odstotek zelenih gomoljev je bil pri medvrstni razdalji 75 oziroma 90 cm izrazito manjši. Prav tako je pomembna tudi širina vrha grebena. Pridelek zelenih gomoljev je bil pri širini vrha grebena 10 cm značilno višji kot pri 28 oziroma 38 cm (Vučajnk, 2009).



Slika 14: Zeleni gomolji (Greening, 2015)
Figure 14: Greening (Greening, 2015)

2.12.2 Krompirjeva plesen (*Phytophthora infestans*)

Krompirjeva plesen (*Phytophthora infestans*) na gomoljih (slika 15) je ena izmed najbolj znanih in tipičnih glivičnih bolezní na krompirju tako v Sloveniji kakor tudi v Evropi in letno povzroči pridelovalcem velike izgube. Ravno zadovoljivo osipanje pa je eden izmed temeljnih ukrepov za njeno preprečevanje. Ostali ukrepi so še: sajenje zdravih semenskih gomoljev in odpornih sort, pravočasno varstvo na polju ter izkop gomoljev krompirja v suhem vremenu. Krompirjevo plesen na gomoljih prepoznamo po porjavelih lisah, ki so temnejše ob robovih. Zelo izrazite postanejo tudi lenticеле. Ko okužen gomolj prerežemo, lahko na prerezu opazimo motno barvo mesa, ki se širi od roba navznoter. Okužba s plesnijo omogoči tudi sekundarno okužbo z drugimi boleznimi, kot na primer z mokro gnilobo. Ta pa lahko pomeni veliko izgubo pridelka tako na polju kot tudi kasneje v skladišču.

Arora (1989) je ugotovil, da je bilo v primeru, ko so bili gomolji pokriti z manj kot 5 cm zemlje, kar več kot 50 % gomoljev okuženih s krompirjevo plesnijo.



Slika 15: Krompirjeva plesen (*Phytophthora infestans*) (Late blight, 2015)
Figure 15: Late Blight (*Phytophthora infestans*) (Late Blight, 2015)

2.12.3 Poškodbe gomoljev

Tako na njivi kot tudi pri spravilu lahko krompir poškodujemo. Poškodovan krompir pa je bolj dovzeten za sekundarne okužbe oziroma gomolji pogostejše gnijejo (Dolničar, 1997).

Poškodbe gomoljev lahko povzročijo tudi visoke temperature na polju. Visoke temperature segrejejo greben oziroma lahko poškodujejo gomolje, ki ležijo tik pod površino grebena (Dolničar, 1997).

Posebna težava so poškodbe, ki nastanejo ob spravilu krompirja. Ob spravilu se namreč na prebiralnem traku kombajna premešajo gomolji krompirja in zemlja, ki tu tudi odpade. Krompirju so nevarne predvsem večje kepe in kamenje, ki lahko sam gomolj poškodujejo. Poškodbe so še pogostejše pri spravilu nedozorelega krompirja, oziroma pri spravilu v sušnem obdobju. Ker poškodbe nastanejo ob udarcih, je pomembna tudi globina saditve gomoljev krompirja. Bolj globoko, kot so gomolji, večja je namreč verjetnost, da se bodo gomolji ob spravilu poškodovali. Poškodovani gomolji se slabše skladiščijo, bolj so občutljivi na sekundarne okužbe in hitreje propadejo (slika 16) (Dolničar in sod., 2004).



Slika 16: Modrica pri krompirju (Bruise and damage, 2015)
Figure 16: Bruise and damage (Bruise and damage, 2015)

2.12.4 Drugotna rast gomoljev in rjava pegavost

Če temperatura tal preseže 27 °C, gomolji prenehajo rasti. Ko se rast obnovi, se začnejo na enem delu gomolja ali na kratkih stolonih, ki izrastejo iz očesc, razvijati novi gomolji (slika 17). Ta pojav imenujemo drugotna oziroma sekundarna rast gomoljev (Dolničar in sod., 2004).

Tudi na sekundarno rast lahko močno vplivamo z optimalno pripravljenimi grebeni (Vučajnk, 2009).



Slika 17: Sekundarna rast gomoljev
Figure 17: Secondary tuber growth

Rjava pegavost se na gomoljih krompirja najpogosteje pojavljajo v vročih poletjih. Na gomoljih se pojavijo majhne rjave pege, ki so pravzaprav skupine mrtvih celic, v katerih ni gliv ali bakterij. Različne sorte so na rjavo pegavost različno občutljive. Pojav rjave pegavosti zmanjšujemo z rednim namakanjem krompirišč (Dolničar in sod., 2004).

2.13 SORTA KROMPIRJA V POSKUSU

Sorte krompirja se med seboj razlikujejo po številnih parametrih. Ključni parametri so zgodnost, vsebnost suhe snovi, barva mesa, barva lupine, kulinarični tipi oz. jedilna kakovost itd. (Kus, 1994).

Jedilno kakovost določajo lastnosti, kot so razkuhanje, čvrstost, moknatost, vlažnost in sestava (Kus, 1994)

Barva lupine je lahko bela, umazano bela, rumena, rjava, rožnata, rdeča in vijolična. Barva mesa je lahko bela, krem bela, svetlo rumena ali rumena. Jedilna kakovost se zaradi barve mesa ne spreminja. Barvi mesa in lupine igrata pomembno vlogo predvsem pri prehranski navadi porabnikov, zato imata posledično velik pomen za pridelovalce in trgovce pri izbiri sort za pridelavo in prodajo (Kocjan Ačko, 2003).

V poskusu smo uporabili sorto Arizona (slika 18) dobavitelja Interseme d.o.o. Arizona je srednje zgodnja sorta s svetlo kožico in svetlo rumenim mesom. Za to sorto so značilni veliki in izenačeni gomolji, ki dobro rastejo v vseh tipih tal (tabela 2). Tako med pridelovalci kakor tudi uporabniki je sorta dobro razširjena.

Sorto Arizona smo v poskus izbrali zaradi treh pomembnih razlogov:

- sorta je med pridelovalci dobro znana, raste v vseh tipih tal in ni zahtevna za pridelavo,
- sorta oblikuje velike gomolje. Pri plitvi saditvi oziroma slabo osutih gomoljih je zato velika nevarnost, da gomolji pozelenijo,
- sorta je občutljiva na mehanske poškodbe pri izkopu. Pri pregloboki saditvi oziroma preveč osutih grebenih je nevarnost za mehanske poškodbe ob spravilu večja.

Preglednica 3: tehnološki parametri sorte Arizona (Agrico, 2015)

Table 3: Technological parameters of the Arizona variety (Agrico, 2015)

Parametri	Ocena
Zgodnost	7
Razvoj listov	7,5
Debelina gomoljev	8
Velikost pridelka	9
Vsebnost suhe snovi	17,2%
Tip lastnosti kuhanja	AB
Skladiščenje	6
Notranje poškodbe	8
BIO semena	Ni
Občutljivost na Sencor	5
Zvijanje listov	-
Virus A	-
Virus X	8
Virus Yn	8
Virus Yntn	8
Plesen na listju	5
Plesen na gomoljih	7
Navadna krastavost	5
Prašna krastavost	2
Črna noga	5

1: Pozen, majhen, občutljiv, slab 9: Zgoden, velik, odporen, dober



Slika 18: Krompirjev gomolj sorte Arizona (Interseme, 2015)

Figure 18: potato tuber, Arizona variety (Interseme, 2015)

3 MATERIAL IN METODE

Poskus je temeljil na preizkusu merilne opreme za merjenje razponov ter na matematičnem modelu za izračun površine ogrinjače okrog gomoljev krompirja v tleh ter testiranju uporabnosti le-te v kmetijski pridelavi.

V poskusu smo izbrali novo, tržno zanimivo sorto krompirja Arizona, ki je med velikimi pridelovalci vedno bolj priljubljena (osebna informacija, 2015). Pri poskusu smo uporabili napravo za merjenje, ki je bila namensko razvita na Biotehniški fakulteti, Oddelku za agronomijo. Za upravljanje aparature smo uporabili novo razviti program 3D (Gospodarič, 2015). Na koncu pa smo s pomočjo matematičnega modela izračunali površino ogrinjače.

Cilj naše naloge je bil preizkusiti 3D model ter matematičen model za izračun ogrinjače v poljskih razmerah in tako dokazati njegovo vrednost za kmetijsko pridelavo. Prav tako smo s pomočjo modela ocenili greben in poskusili oceniti njegovo ustreznost na primeru sorte krompirja.

Preizkus modela je potekal v več korakih:

1. Izvedli smo meritve z napravo za tridimenzionalno koordinatno merjenje.
2. Merilne podatke smo obdelali s programom za opravljanje meritev – 3D.
3. Sledila je obdelava podatkov, ki nam omogoča pridobitev naslednjih parametrov:
 - Vertikalni razpon posameznega gomolja v tleh.
 - Horizontalni razpon posameznega gomolja v tleh.
 - Vzдолžni razpon posameznega gomolja v tleh.
 - Vertikalni razpon razporeditve gomoljev krompirja v tleh.
 - Horizontalni razpon razporeditve gomoljev krompirja v tleh.
 - Vzдолžni razpon razporeditve gomoljev krompirja v tleh.
 - Priprava podatkov za obdelavo podatkov v programu »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«.
4. Obdelava podatkov s programom za »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«, ki nam omogoča pridobitev naslednjih podatkov:
 - Minimalna vertikalna oddaljenost gomolja od roba grebena, ki nam pove tudi minimalno vertikalno pokritost gomoljev.
 - Minimalna oddaljenost gomolja od levega roba grebena.
 - Minimalna oddaljenost gomolja od desnega roba grebena.
 - Minimalna razdaljo gomoljev od grebena, ne glede na položaj.
 - Površina grebena.
 - Priprava podatkov, potrebnih za obdelavo z matematičnim modelom za izračun površine ogrinjače okrog gomoljev krompirja (prikaže center gomolja s koordinatami (x;y)).

5. Izračun površine ogrinjače, ki ponazarja tudi rastno območje krompirja s pomočjo matematičnega modela v programu MatLAB.

3.1 NAPRAVA ZA TRIDIMENZIONALNO KOORDINATNO MERJENJE

Za meritve oblike grebena smo uporabili napravo za tridimenzionalno koordinatno merjenje, ki so jo za namen tovrstnih raziskav razvili na katedri za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, travništvo in pašništvo na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Ta naprava omogoča absolutno in relativno merjenje razdalj v prečni smeri v obsegu 1000 mm, v vzdolžni smeri v obsegu 450 mm ter navpično v obsegu 600 mm z natančnostjo $\pm 0,5$ mm v vseh smereh.

Naprava za tridimenzionalno koordinatno merjenje je sestavljena iz ogrodja, koordinatnih vodil, merilnega pretvornika in merilnega sistema, podprtega z namensko programsko opremo. Ogrodje smo sestavili iz jeklenih profilov, ki so dovolj lahki, da lahko merilno napravo brez težav prenašamo po poskusnih parcelah, še vedno pa dovolj močni, da dajo merilni napravi dovolj veliko trdnost in togost. Za izdelavo vodilnih profilov smo uporabili kalibrirane cevi, izdelane iz gladke, legirane, nerjaveče pločevine z višjo površinsko trdoto in dimenzijami 40 mm x 40 mm x 3 mm. Po prečnem vodilu se vozita dva kotalna vozička, križno pritrjena skupaj. V vsakem kotalnem vozičku smo namestili 8 nastavljivih vodilnih kolesc, čistilce pred in za kolescem. Na koncu vzdolžnega vodila je pritrjen voziček za vodilo v navpični smeri.

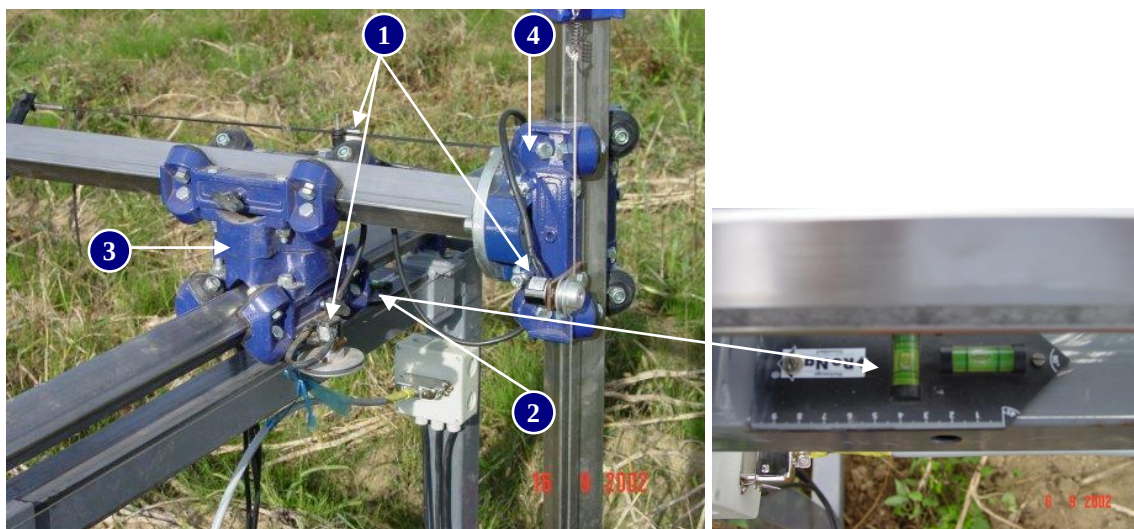
Na spodnjem koncu vertikalnega vodila sta pritrjeni tipalna konica in ročica za vodenje tipalne konice. Trda in gladka površina prečnega preseka cevi ter nastavljiva kolesca s čistilci zagotavljajo natančno in enakomerno vodenje tipalne konice, brez sunkov, tresljajev in zračnosti (slika 19).



Slika 19: Koordinatna merilna naprava pri meritvi v Zaborštu v letu 2009. 1.) križni voziček, 2.) prečno vodilo, 3.) vzdolžno vodilo, 4.) navpično vodilo, 5.) ogrodje, 6.) tipalna konica, 7.) vretena za nastavitev lege naprave (Vučajnk, 2009)

Figure 19: Coordinate measuring device in operation in Zaboršt, 2009. 1) Cross trolley, 2) transversal guide, 3) longitudinal guide, 4) vertical guide, 5) frame, 6) sensor, 7) spindle for setting the position of the device (Vučajnk, 2009)

Kot merilni pretvornik smo uporabili uporovni potenciometer. Uporovni potenciometer je za tovrstne meritve dovolj natančen ter tudi cenovno ugoden. Na križni kotalni voziček sta pritrjena pretvornika za vzdolžno in prečno smer, na voziček vertikalnega profila pa pretvornik za navpično smer. Kolut, preko katerega poteka vrvica, je privit na gred vsakega potenciometra in na koncih toga pritrjen na vodilni profil. Premeri kolutov so izbrani tako, da se pri premiku tipalne konice iz ene v drugo skrajno lego zasukajo gredi potenciometrov za malo manj, kot je možen največji zasuk. Karakteristike potenciometrov so sledeče: $R = 5 \text{ k}\Omega \pm 5 \%$, linearnost $\pm 0,25 \%$, kot zasuka 10 obr. (360°). Potenciometer je napajan z napetostjo 10 V. Na izhodu vsakega potenciometra dobimo napetost od 0 do 10 V, v odvisnosti od zasuka gredi potenciometra oziroma premika tipalne konice.



Slika 20: Koordinatna merilna naprava 1.) merilni pretvorniki, 2.) libeli, 3.) križni voziček, 4.) voziček vertikalnega vodila (Vučajnk 2009)

Figure 20: Coordinate measuring device 1) measuring converter, 2) spirit level, 3) cross trolley, 4) vertical guide (Vučajnk, 2009)

Sam signal smo iz merilnih senzorjev speljali preko merilnega ojačevalnika ter analogno digitalnega pretvornika v računalnik, kjer smo ga s primerno programsko podporo kalibrirali ter pripravili za prikaz na ekranu. Tako pripravljen zapis je tudi primeren za shranjevanje na pomnilniškem mediju.

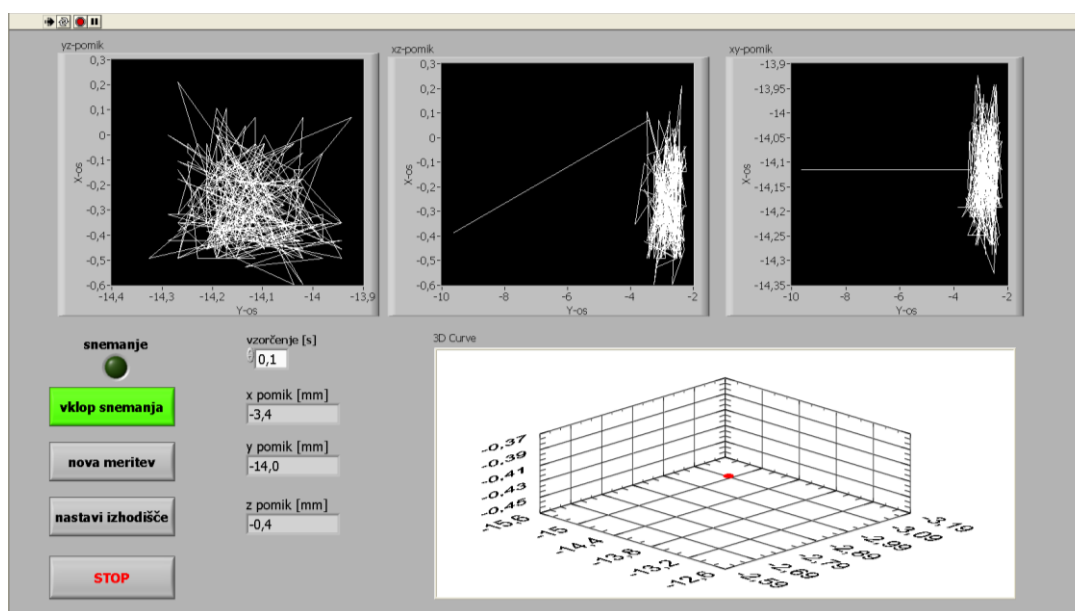
Za izdelavo programa za meritev površine prečnega preseka grebena smo uporabili računalniški jezik LabVIEW. Ta program je narejen tako, da najprej zajame absolutne koordinate izhodišča, t.i. referenčne točke, ki se kasneje med meritvami odštevajo od izmerjenih vrednosti. Kot rezultat tako dobimo koordinate merjenih točk glede na referenčno točko. Za samo meritev površine prečnega preseka grebena omogoča uporabniški vmesnik nastavitve frekvenc in števila meritev, pregled rezultatov meritev v preglednicah in grafikonu ter shranjevanje rezultatov v datoteko (Vučajnk, 2009).

Za meritev površine prečnega preseka grebena smo izbrali frekvenco meritve 20 Hz in število meritev 250. To pomeni, da je sistem odčital koordinate tipalne konice dvajsetkrat na sekundo v skupnem trajanju 12,5 sekund. To pa je tudi dovolj časa za prehod tipalne konice iz ene na drugo stran grebena (Godeša, 2002).

3.2 PROGRAM ZA OPRAVLJANJE MERITEV - MERITVE 3D

Program Meritve 3D je namenjen opravljanju meritev s strojno opremo, ki je bila razvita na Biotehniški fakulteti, Oddelku za agronomijo in je namenjena za merjenje oblike grebena in gomoljev krompirja na njivi. Program omogoča shranjevanje merilnih podatkov v tekstovno datoteko s končnico .lmv.

Ko zaženemo program, se na zaslonu pojavi vmesnik, s pomočjo katerega lahko spremljamo trenutni položaj merilne konice merilnega stroja (slika 21).

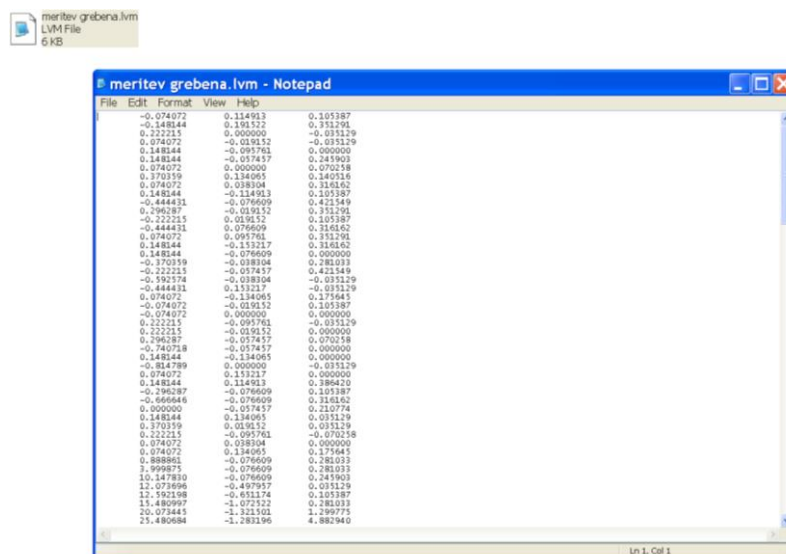


Slika 21: Delujoči uporabniški vmesnik

Figure 21: An active user interface

Pred vsakim začetkom merjenja moramo nastaviti izhodišče merilnega sistema, kar storimo s klikom na gumb NASTAVI IZHODIŠČE. Po kliku opazimo, da so vrednosti x pomik [mm], y pomik [mm] in z pomik [mm] kažejo približno 0 mm (Gospodarič, 2015).

Ko nastavimo izhodišče, se z merilno konico naprave postavimo na začetek oziroma mesto merjenja in sprožimo novo meritev. Mesto merjenja je ob robu gomolja. Za vsako novo meritev gomolja uporabimo isto izhodiščno točko. Ko želimo izmeriti nov gomolj, se postavimo na novo izhodiščno točko ob gomolju. Po opravljeni meritvi le-to shranimo za nadaljnjo obdelavo. Merilni rezultati so shranjeni v tekstovni datoteki z imenom »MERITEV GREBENA. LVM«, kjer so v prvem stolpcu vrednosti X, v drugem stolpcu vrednosti Y in zadnjem stolpcu vrednosti Z (slika 22) (Gospodarič, 2015).



Slika 22: Položaj gomoljev x/y/z v mm od izhodiščnega položaja v datoteki »MERITEV GREBENA.LVM«
Figure 22: Location of tubers x/y/z in mm from the starting position in the file »MERITEV GREBENA.LVM «

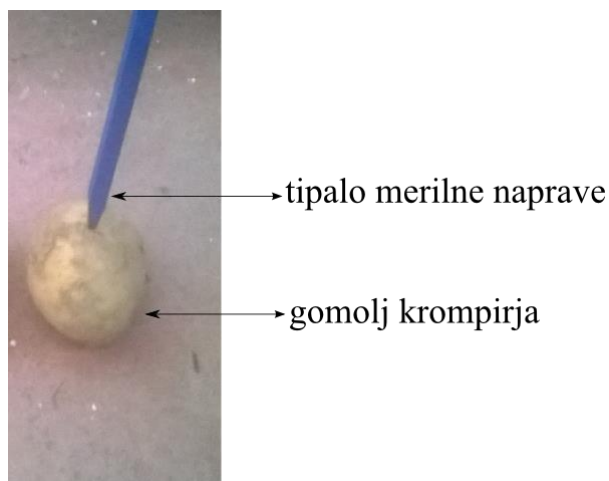
3.3 MERJENJE POVRŠINE PRESEKA GREBENA IN POLOŽAJEV GOMOLJEV

Meritve smo opravili tik pred izkopom. Takrat smo naključno izbrali mesta za merjenje, ki smo jih označili s količkom. Količka nato nismo premikali in smo ga upoštevali kot referenčno točko oziroma kot koordinatno izhodišče za vsa nadaljnja merjenja na tem mestu. Napravo smo nato postavili na mesto merjenja in jo uravnali v vodoravni položaj v vseh smereh. Postavitev v vodoravni položaj smo opravili s pomočjo vreten na napravi. Nato smo tipalno konico postavili na količek in na računalniku vključili meritev. Ko je bila meritev vključena, smo ročno vodili tipalno konico po površini grebena na drugo stran. Ko smo s tipalno konico prispeli na drugo stran grebena, smo meritev izključili. Že po končani meritvi se je na ekranu pojavil diagram, ki je nakazoval obliko grebena. Po opravljeni meritvi je program sam izračunal površino preseka grebena v cm^2 (enačba 1). Podatke pa smo shranili v datoteki v obliki .txt.

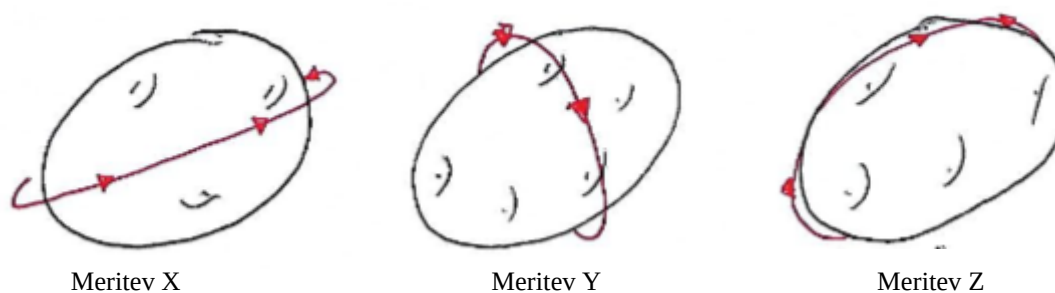
$$A = \sum_{n=0}^{MVR} (x_{n+1} - x_n) * \left(\frac{y_{n+1} + y_n}{2} \right) \quad \dots (1)$$

A - površina prečnega preseka grebena (cm^2)
n- število zajetih točk

Poleg grebena, smo tudi položaje gomoljev v grebenu merili z isto koordinatno merilno napravo. Po opravljeni meritvi grebena smo vrh le-tega odkopali, dokler nismo naleteli na semenski gomolj. Tipalo merilne naprave (slika 23) smo nato postavili ob gomolj in ga obkrožili v vseh teh smereh, v X, Y in Z smeri (slika 24). Meritve položajev gomoljev smo izvajali s programom »LabVIEW: Meritve 3D«, nadaljnje izračune pa v posebnem programu: »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«.



Slika 23: Gomolj krompirja in tipalo
Figure 23: Potato tuber and sensor



Slika 24: Meritev gomolja v vseh treh straneh (X, Y, Z)
Figure 24: Measurement of the tuber in all three sides (X, Y, Z)

3.4 PROGRAM PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV

Podatke, pridobljene z meritvami v laboratoriju in na terenu, smo obdelali s pomočjo programa »PRERAČUNI OBLIK IN GOMOLJEV.EXE«. Program so za namen raziskav na krompirju na Biotehniški fakulteti, Oddelku za agronomijo razvili Microsoftovi programerji v okviru Microsoft. NET iniciative (slika 25) leta 2002 v objektno-orientiranem programskem jeziku C# (C-Sharp). Program za svoje delovanje potrebuje »Net« platformo različice 3.5, saj je napisan v C# različici 3.0.

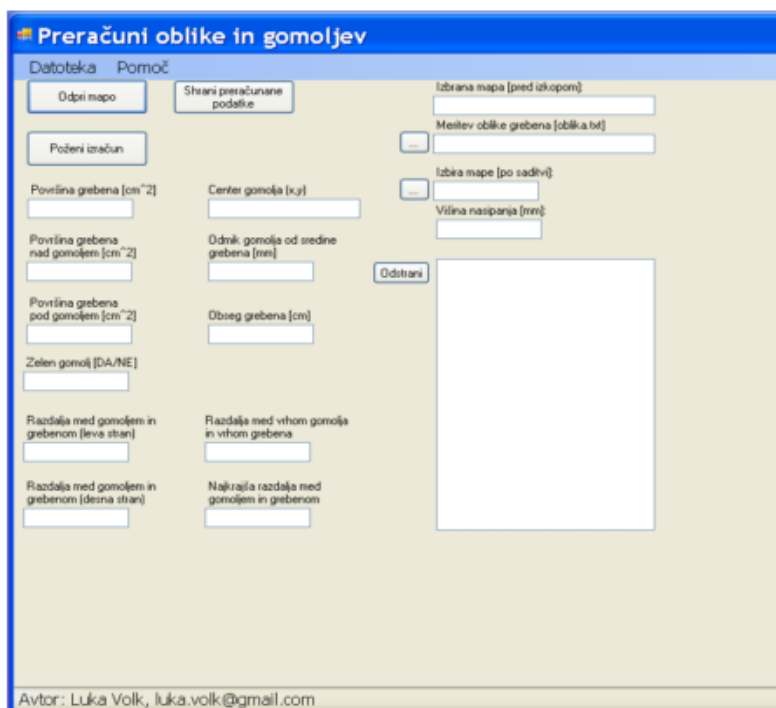
Po končani obdelavi podatkov v tem programu smo dobili podatke

- o površini grebena,
- o površini grebena nad in pod gomoljem,
- o centru gomolja,
- o razdalji med gomoljem in vrhom grebena,
- o obsegu grebena.

Prav tako nam končna obdelava pove tudi, ali so gomolji zeleni ali ne. V primeru, da so gomolji zeleni, nam program izpiše negativne vrednosti.

Izračuni pri »obsegu gomolja« oziroma »obsegu grebena« temeljijo na Pitagorovem izreku, saj gre v obeh primerih za vsoto diagonal med z merilno zajetimi točkami v n-kotniku.

Izračun za »površino grebena « in »površino gomolja« pa temelji na Gaussovi kvadraturi. Gaussova kvadratura je princip numeričnega reševanja integralov takrat, ko sosednje točke niso enako oddaljene in temelji na principu seštevanja posameznih površin med dvema sosednjima točkama. To metodo uporabimo, ko ni znana točna analitična rešitev. Za razliko od vseh ostalih metod, ima ta integracija majhno število izbranih točk, kar pospeši delovanje programa, ko ta računa večje število integralov (Vučajnk, 2006).



Slika 25: Računalniški program »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«
Figure 25: Computer programme »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«

Matematična formula, po kateri program za preračun oblike in gomoljev izračuna površine, je:

$$P = \sum_{i=0}^N (x_i - x_{i-1}) \cdot \left(\frac{y_i + y_{i-1}}{2} \right) \quad \dots (2)$$

P - površina grebena, gomolja (cm²)
N - število zajetih točk.
x,y – koordinatni točki

Matematična formula, po kateri program za preračun oblike in gomoljev izračuna obseg, je:

$$O = \sum_{i=0}^N \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2} \quad \dots (3)$$

O - obseg grebena, gomolja
N - število zajetih točk.
x,y – koordinatni točki

Matematična formula, po kateri program za preračun oblike in gomoljev izračuna Gaussovo kvadraturo, je:

$$\int_{-1}^1 f(x)dx = \sum_{i=1}^n \{f(x_i)u_i\}. \quad \dots (4)$$

n - število zajetih točk.

u_i – utež

Pri čemer je vrednost integrala izračunana tako, da v n točkah vzamemo vrednost funkcije $F(x_i)$, ki jo pomnožimo z utežjo (u_i). Vsota tako obteženih vrednosti funkcije je vrednost integrala.

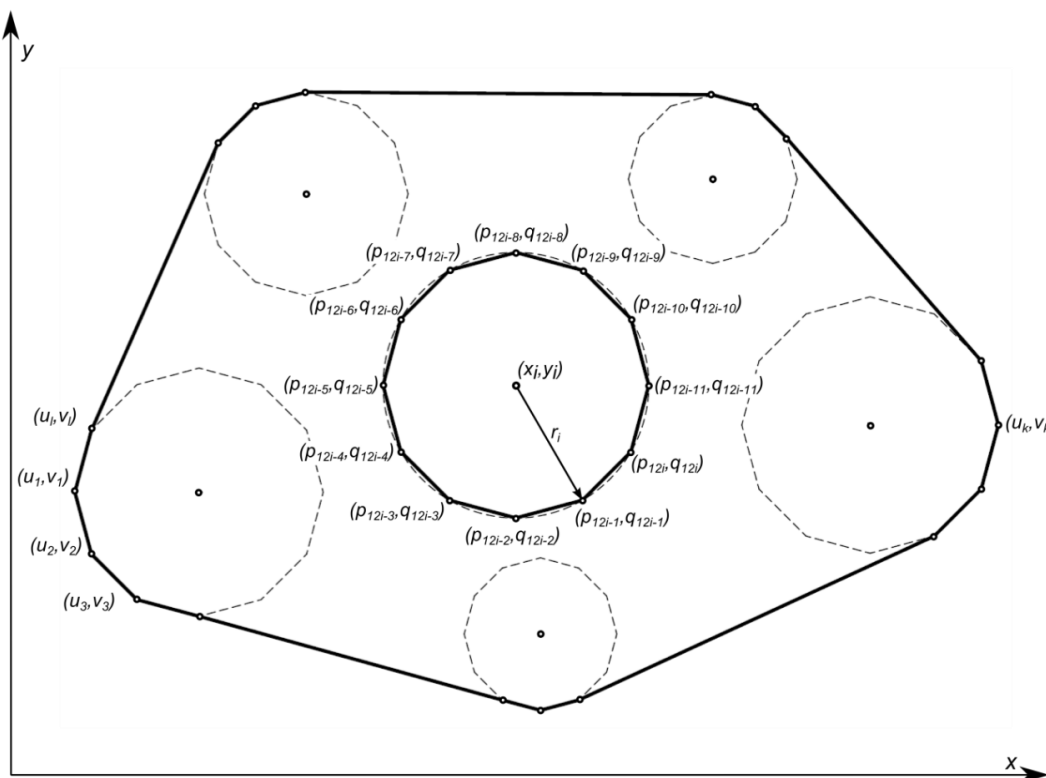
3.5 KONČNA OBDELAVA PODATKOV IN IZRAČUN POVRŠINE OGRINJAČE

Za končno obdelavo podatkov smo uporabili kompaktno funkcijo MatLab, ki nam je omogočila izračun površine oblike ogrinjače okoli gomoljev. Ker so se predhodne metode izkazale za premalo natančne, so leta 2012 na Oddelku za agronomijo – Kmetijska tehnika obstoječo metodo nadgradili. V programskem okolju Matlab so tako razvili nov kompakten matematični model (Potrpin in sod., 2014), ki izračuna površino oblike položaja gomoljev v grebenu. To površino so poimenovali ogrinjača. Metoda za izračun ogrinjače temelji na minimalnem konveksnem poligonu (Burgman in sod., 2003), ter predstavlja površino konveksne ogrinjače okoli gomolja (Slika 26).

Matematična funkcija upošteva tudi volumen krompirja, ki ga izračunamo z upoštevanjem mase in čiste gostote krompirja (Cedilnik, 2012).

Potrpin in Bernik (2014) sta izvedla poskus, v katerem sta ugotavljala povprečje čistih gostot krompirja pri različnih sortah in ugotovila, da med čisto gostoto krompirjevega mesa pri različnih sortah ni statističnih razlik. Čista gostota krompirjevega mesa znaša $1,11 \text{ g/cm}^3$. Zato je ta vrednost tudi uporabljena v funkciji. Maso gomoljev stehtamo ob izkopu. To storimo tako, da gomolj, potem ko smo izmerili njegov položaj, izkopljemo, očistimo ter stehtamo s tehtnico.

Matematični model za izračun površine ogrinjače je za namen raziskave in s tem povezanega razvoja računalniškega programa izdelal profesor Cedilnik (2012).



Slika 26: Grafični prikaz funkcije za izračun površine ogrinjače

Figure 26: Graphic display of function that calculates area of the fan system surrounding tubers in the ridge

3.5.1 Statistična obdelava podatkov

Za statistično obdelavo podatkov smo uporabili program LAbView in Microsoft Excel. Program LAbView smo uporabili za zajem podatkov in delno obdelavo le-teh pri ugotavljanju prečnega preseka grebena ter za ugotavljanje položaja gomolja v grebenu. Vse podatke smo kasneje prenesli v Microsoft Excel. V tem programu smo nato podatke uredili in izračunali razpone, povprečja, standardne odklone ter izračunali 95 % intervale zaupanja.

3.6 POSTAVITEV POSKUSA

Enoleten poskus smo izvedli na površinah podjetja ZELENi HIT d.o.o. v Ljubljani (Slovenija). Tla so bila opredeljena kot evtrična rjava tla na produ in pesku (Atlas okolja, 2015). Da bi lahko kar najboljše preizkusili praktično uporabnost metode, smo poskus obdelovali po integrirani metodi, ki je tudi pri kmetovalcih najbolj prisotna. Sorta v poskusu je bila Arizona.

3.6.1 Vremenske razmere v času poskusa

Poskusu najbližja meteorološka postaja je Ljubljana Bežigrad. Trajanje poskusa je bilo od aprila do avgusta 2015, zato tudi navajamo podatke o povprečni, maksimalni in minimalni temperaturi ter padavinah izključno za obdobje trajanja poskusa.

3.6.1.1 Temperatura zraka in količina padavin

Iz preglednice 4 je razvidno, da je bilo obdobje od 1.4.2015 do 31.8.2015 v povprečju kar za 3 °C toplejše, kot je dolgoletno povprečje. Največje odstopanje je bilo v mesecu juliju, ki je bil v letu 2015 kar za 4,4 °C toplejši od dolgoletnega povprečja. Najmanjša razlika je bila v aprilu, ko je bila povprečna temperatura za 1,9 °C višja od dolgoletnega povprečja.

Preglednica 4: povprečne mesečne temperature zraka v letu 2015 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem 1961-1990 za Ljubljano Bežigrad (°C) (Meteo portal, 2015).

Table 4: The average monthly air temperatures in 2015, compared to the long-term average of the 1961-1990 period in Ljubljano Bežigrad (°C) (Meteo portal, 2015).

Mesec	Leto 2015	Obdobje 1961-1990	Temperaturni odklon od povprečja (°C)
	Povp. temperatura (°C)	Povp. temperatura (°C)	
April	11,8	9,9	1,9
Maj	17	14,6	2,4
Junij	20,6	17,8	2,8
Julij	24,3	19,9	4,4
Avgust	22,3	19,1	3,2
Povprečje	19,2	16,26	2,9

Iz preglednice 5 je razvidno, da je bilo v obdobju od 1.4.2015 do 31.8.2015 kar za 127,9 mm padavin manj, kot je dolgoletno povprečje. Največje odstopanje je bilo v mesecu aprilu, ko je bilo 63,2 mm padavin manj, kot je dolgoletno povprečje. Najmanjša razlika je bila v mesecu juliju, ko je bilo le za 4 mm padavin manj, kot je dolgoletno povprečje.

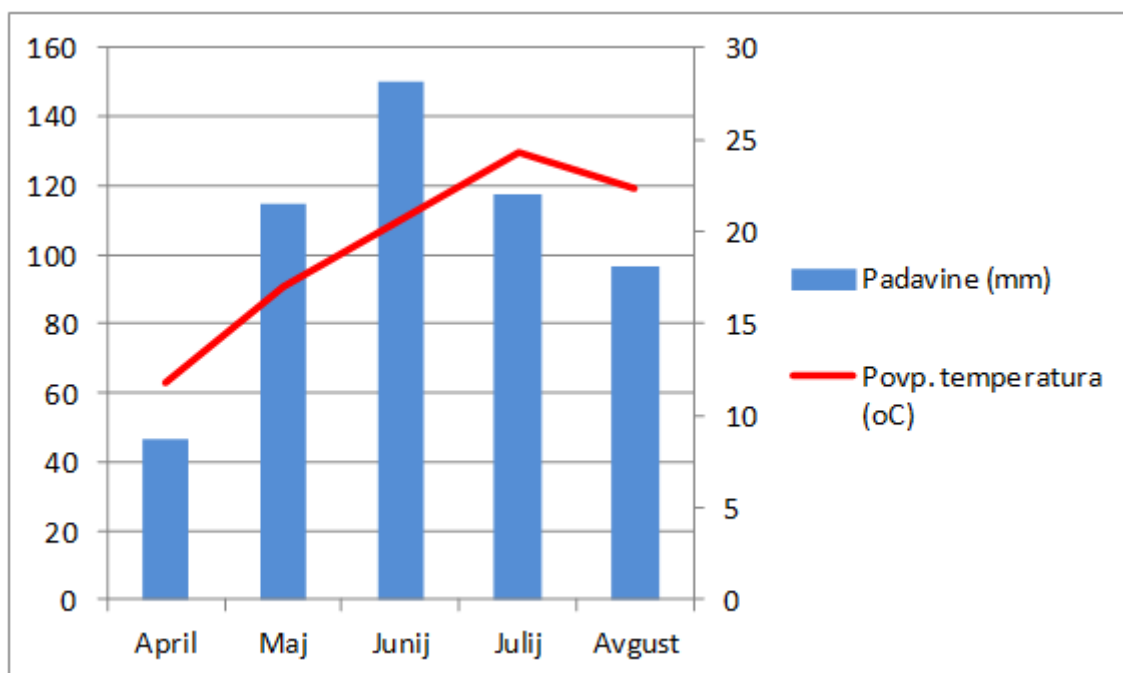
Iz omenjenega lahko sklepamo, da pomlad ni bila naklonjena dobremu vzniku krompirja, saj je vlage v tleh primanjkovalo. Zato je bilo še posebej pomembno, da so bila tla dobro pripravljena, saditev pa opravljena optimalno. Večkratno pomanjkanje padavin in potem

njihovo obilje, predstavlja za rast krompirja veliki stres. Zato lahko pride do pokanja gomoljev ter sekundarne rasti. Močne plohe oziroma nalivi pa močno vplivajo tudi na obliko grebena. V juliju in avgustu pa je zopet nastopilo obdobje suše (slika 27).

Preglednica 5: Povprečna količina padavin v letu 2015 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem 1961-1990 za klimatsko postajo Ljubljano Bežigrad (mm) (Meteo portal, 2015).

Table 5: The average monthly rainfall in 2015, compared to the long-term average of the 1961-1990 period in Ljubljana Bežigrad (mm) (Meteo portal, 2015).

Mesec	Leto 2015	Obdobje 1961-1990	Višina padavin v % od povprečja
	Padavine (mm)	padavine (mm)	
April	46,8	110	43
Maj	114,9	122	94
Junij	150,4	155	97
Julij	117,6	122	96
Avgust	96,4	145	67
Vsota	526,1	654	80



Slika 27: Klimadiagram za obdobje april – avgust v letu 2015 za klimatsko postajo Ljubljano Bežigrad
Figure 27: Climograph for the period April to August 2015 for the climatic station Ljubljana Bežigrad

3.6.2 Agrotehnična dela

Poskus smo postavili na polju podjetja Zeleni Hit d.o.o. Lj – Savlje (slika 28). Poskusno polje se je nahajalo ob rastlinjaki in je del zemljišč, na katerih poteka proizvodnja krompirja, zelenjadnic in drugih poljščin. Krompir je bil v 4 letnem kolobarju. Poleg krompirja so bile v kolobarju tudi vrtnine. Krompir sorte Arizona smo posadili v vrste, dolžine 68 m. Medvrstna razdalja je bila 75 cm, širina parcele pa 12 m (slika 29).



Slika 28: Poskusno polje (RKG-GERK, 2015)

Figure 28: Trial field (RKG-GERK, 2015)



Slika 29: Posajen krompir na medvrstno razdaljo 75 cm in razdaljo v vrsti 25 cm

Figure 29: Potatoes planted with row distance of 75 cm and a distance of 25 cm within the row

Poskusno polje smo gnojili po gnojilnem načrtu podjetja Zeleni hit, katerega uporabljajo tudi pri svoji pridelavi. Tako smo pred pripravo njive oziroma pred saditvijo gnojili s 1000 kg gnojila Entec 14-7-7. Ob osipanju smo gnojili s 150 kg KAN-a (27 % N) ter 300 kg kalijevega sulfata (preglednica 6).

Preglednica 6: Uporabljena gnojila
Table 6: Used Fertilizers

Gnojilni načrt	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	MgO (kg/ha)
Priporočene količine	100 - 200	120 - 150	200 - 320	60 – 160
1000 kg ENTEC 14-7-17+2MgO+ME	180,5	70	323	23
150 kg KAN 27%				
300 kg KALIJ SULFAT 0-0-51				

Na poskusnem polju smo izvedli mehansko zatiranje plevelov. Sredstev za varstvo rastlin pred pleveli, škodljivci ali povzročitelji bolezni nismo uporabljali. Poskus smo v rastni dobi redno spremljali (slika 30 in slika 31).



Slika 30: Nasad krompirja v polni rasti
Figure 30: Potato plants in vegetation



Slika 31: Gomolji enega grma krompirja med rastno dobo

Figure 31: Potatoe tubers from one of the potatoe plants during the growing season

3.6.3 Izkop in meritve

Na poskusnem polju smo 20. avgusta 2015 po naključnem izboru izbrali osem merilnih mest. Merilno mesto je v naravi predstavljala ena krompirjeva rastlina. ob vsakem merilnem mestu smo najprej postavili količek, ki je služil tudi kot izhodišče meritve pri določeni rastlini. Na mestu merjenja smo nato z napravo za tridimenzionalno koordinatno merjenje izmerili površino grebena. Nato smo greben z lopatico previdno odkopali, dokler nismo naleteli na gomolj. Ko smo naleteli na gomolj, smo ga počasi izmerili v vseh treh smereh. Gomolj smo pri tem minimalno premikali. Po opravljenih meritvah smo gomolj izkopali, ga očistili in stehali. Podatke smo zabeležili za nadaljnjo obdelavo. Tako smo izkopali in opravili meritve na vseh gomoljih, ki so bili pri eni rastlini. Postopek smo ponovili na vseh osmih merilnih mestih (sliki 32 in 33).

Za analizo osmih merilnih mest smo se odločili zato, ker večina žlahtniteljskih hiš testira nove sorte in njihove lastnosti na osmih krompirjevih rastlinah (Canadian, 2013a).



Slika 32: Meritve na polju Zeleni hit d.o.o.
Figure 32: Measurements in the field of Zeleni Hit d.o.o.



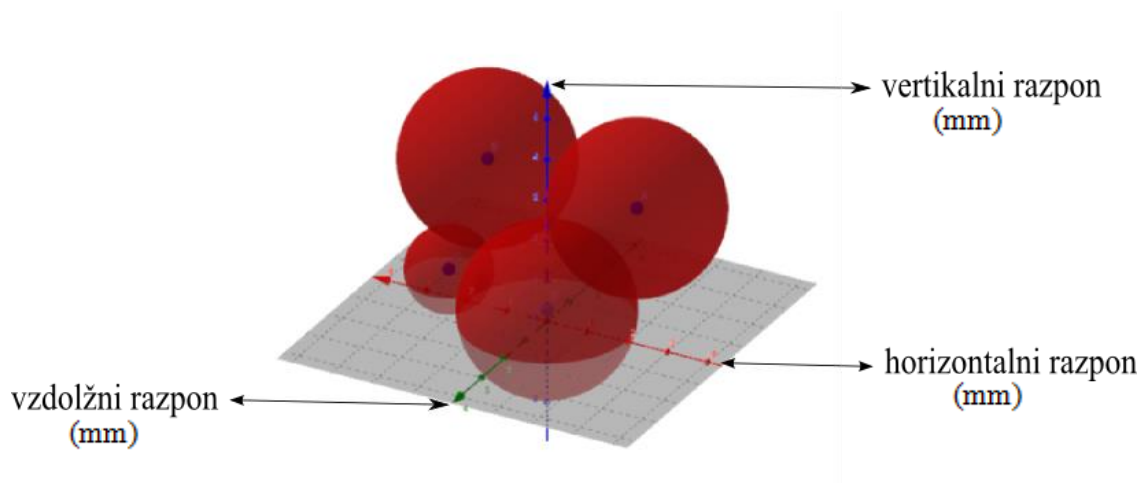
Slika 33: Priprava mesta v grebenu za opravljanje meritev
Figure 33: Preparation of measuring point on the ridge

4 REZULTATI

4.1 PREIZKUS MERILNE NAPRAVE

Iz prakse je znano, da so gomolji krompirja pri različnih sortah različno razporejeni. Tudi Potrpin in Bernik (2014) sta ugotovila, da se razporeditve gomoljev krompirja v tleh med seboj statistično razlikujejo. Da bi lahko opravili natančne meritve o razporejenosti gomoljev, smo morali nadgraditi obstoječi program za zajem in obdelavo podatkov »OBLIKA GREBENA – GOMOLJ«, ki je omogočal merjenje le v dveh dimenzijah (x,y).

Program smo nadgradili tako, da sedaj omogoča merjenje v vseh treh dimenzijah X, Y, Z - 3D. Tako lahko dobimo natančen prikaz, kje v grebenu se gomolji nahajajo. Program je optimiziran tudi tako, da je zajem podatkov kar se da optimalen. Na podlagi 3D meritev smo določili horizontalne, vertikalne in vzdolžne razpone (slika 34) v milimetrih.



Slika 34: Vzdolžni, vertikalni in horizontalni razpon
Figure 34: Longitudinal, vertical and horizontal span of tubers

Horizontalni razpon nam pokaže skrajne oddaljenosti od levega do desnega roba gomolja. Predstavlja oddaljenost od skrajno levega do skrajno desnega gomolja v grebenu pravokotno na smer grebena. Horizontalni razpon v ravnini v našem primeru predstavlja os X.

Vertikalni razpon nam pokaže skrajne oddaljenosti od spodnjega do zgornjega roba gomolja. Oziroma skrajno oddaljenost najnižje ležečega gomolja do skrajne najvišje točke na najvišje ležečem gomolju v grebenu glede na višino grebena. Vertikalni razpon v ravnini v našem primeru predstavlja os Y.

Vzdolžni razpon nam pokaže skrajne oddaljenosti od prednjega do zadnjega roba gomolja. Oziroma skrajno oddaljenost med prvim iz zadnjim gomoljem v grebenu, vzdolžno glede na greben. Vzdolžni razpon v ravnini v našem primeru predstavlja os Z.

Matematični model za izračun ogrinjače predvideva, da je obstoječa prostornina krompirja enaka ekvivalentni prostornini krogle. Z dodatnim izračunanim parametrom lahko zmanjšamo statistično napako, saj je v naravi krompir neenakih oblik.

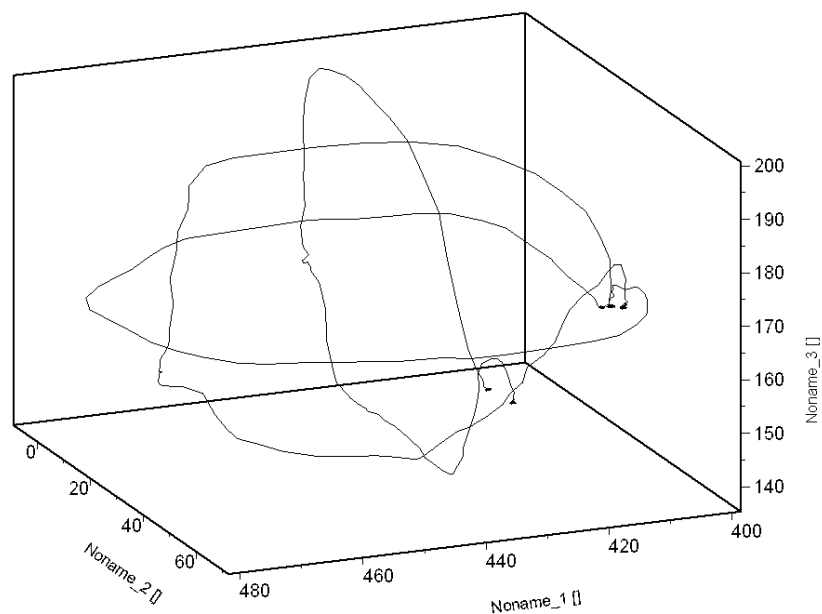
Program 3D in matematični model za izračun porazdelitve gomoljev v grebenu smo najprej preizkusili v laboratoriju na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Za preizkus matematičnega modela smo zato pripravili kovinski model grebena, ki najbolj ustreza optimalno pripravljenemu grebenu (slika 35). Za opravljeno meritev razporeditve gomoljev smo uporabili tri gomolje krompirja sorte Arizona.



Slika 35: Kovinski model grebena

Figure 35: Metal model of the potato ridge

Model za izračun 3D smo preizkusili tudi na gomolju krompirja. Model 3D nam omogoča natančno določiti položaj gomolja v vseh treh dimenzijah (x,y,z). Črte v grafu prikazujejo pot tipala, s katerim smo obkrožili krompir (slika 36). Pri meritvi smo pridobili tudi koordinate, ki nam omogočijo nadaljnje izračune.



Slika36: 3D model gomolja krompirja
Figure 36: 3D model of potato tuber

Na podlagi dobljenih rezultatov trdimo, da je 3D model ključen element, ki nam omogoča merjenje razporeditve gomoljev v tleh. Prav tako pa so pridobljeni podatki osnova za matematični model, ki izračuna površino ogrinjače.

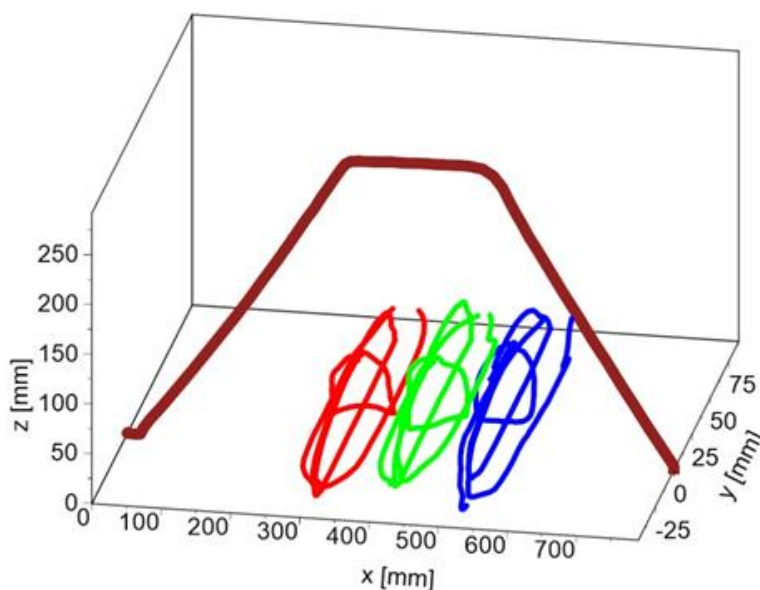
4.1.1 Horizontalna porazdelitev gomoljev

Pri horizontalni meritvi smo tri gomolje krompirja postavili horizontalno oziroma po širini grebena (slika 37). Krompirje smo položili v izdolbeno ploščo iz stiropora tako, da so se dotikali tal. Izmerili smo položaj gomoljev, dobljene podatke pa obdelali v za to narejenih programih.



Slika 37: Gomolji, postavljeni horizontalno na greben
Figure 37: Tubers placed horizontally on the ridge

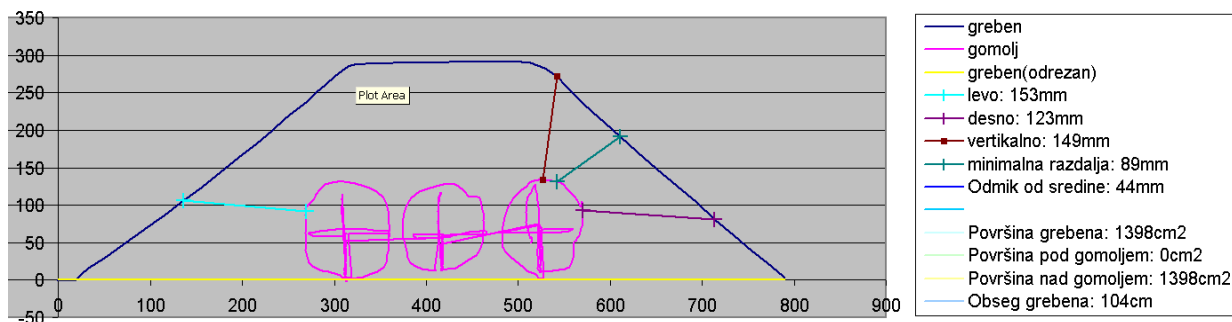
Zajem podatkov smo opravili s programom »MERITVE 3D« (slika 38), s katerim smo določili horizontalni, vertikalni in vzdolžni razpon.



Slika 38: 3D meritev horizontalno porazdeljenih gomoljev
Figure 38: 3D measurements of horizontally distributed tubers

V primeru, ko so bili gomolji razporejeni horizontalno, je bil horizontalni razpon razporeditve gomoljev 301 mm. Vertikalni razpon porazdelitve gomoljev je bil 69 mm, medtem ko je bil vzdolžni razpon 136 mm.

Nato smo uporabili program za izračun oblike in gomoljev (slika 39).



Slika 39: Prikaz horizontalne porazdelitve gomoljev pri preizkusu delovanja programa (prt. Sc programa: »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«)

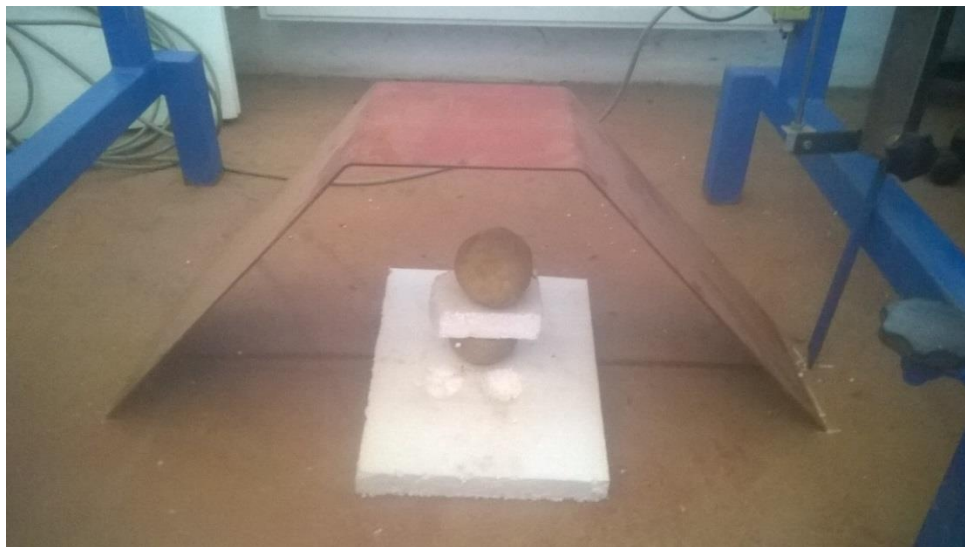
Figure 39: Demonstration of horizontally distributed tubers when testing performance of the programme (prt. Sc of programme: »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«)

S slike 39 je tako razvidno, da je najkrajša razdalja od grebena do najbližjega gomolja 8,9 cm. Od levega roba grebena je najbližji gomolj odmaknjen 15,3 cm, od desnega pa 12,3 cm. Od vrha grebena je bil najbližji krompir odmaknjen 14,9 cm.

Na podlagi pridobljenih podatkov in mase gomoljev smo izračunali še ploščino ogrinjače okrog gomoljev, ki v tem primeru znaša 224,81 cm².

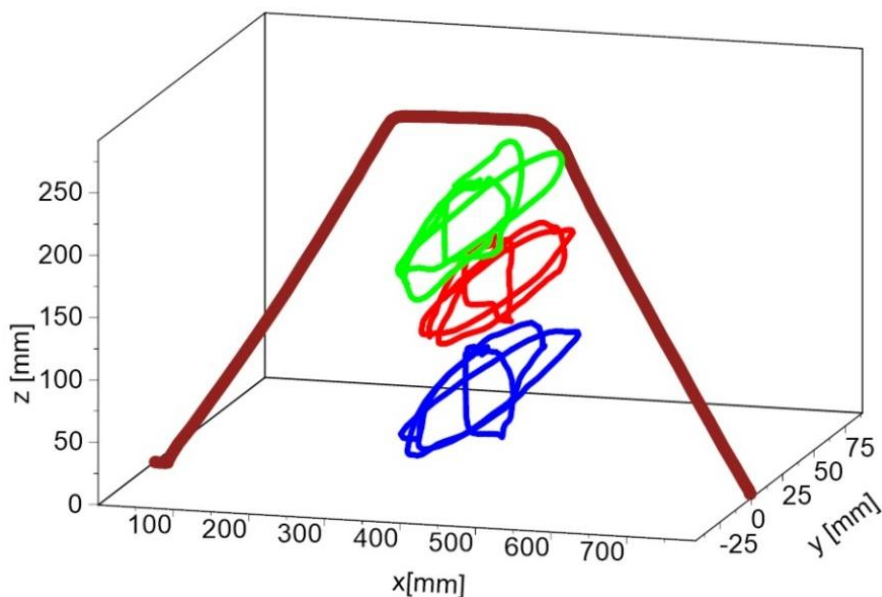
4.1.2 Vertikalna porazdelitev gomoljev

Pri vertikalni meritvi smo tri gomolje krompirja postavili vertikalno na greben. Med gomolje smo položili ploščo iz stiropora. Stiropor smo izdolbili, tako da so se gomolji stikali. Stiropor nam je služil zgolj kot orodje, ki nam je omogočilo postavitvev gomoljev v vertikalno linijo. Položaj gomoljev smo izmerili, dobljene podatke pa obdelali v za to narejenih programih (slika 40).



Slika 40: Gomolji, postavljeni vertikalno na greben
Figure 40: Tubers placed verticaly on the ridge

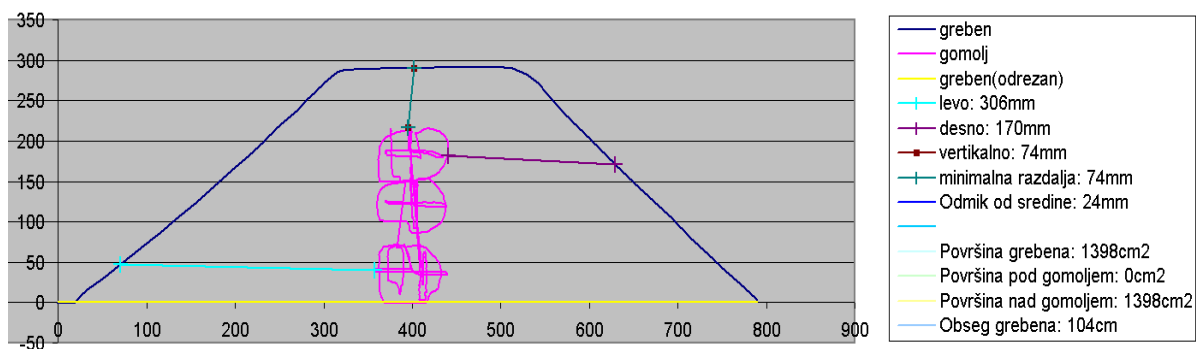
Zajem podatkov smo opravili s programom »MERITVE 3D« (slika 41).



Slika 41: 3D meritev vertikalno porazdeljenih gomoljev
Figure 41: 3D measurements of vertically distributed tubers

Na podlagi meritev smo določili razpone. V drugem preizkusnem primeru je bil horizontalni razpon vertikalno postavljenih gomoljev 84,4 mm. Vertikalni razpon porazdelitve gomoljev je bil 217,3 mm, medtem ko je bil vzdolžni razpon 133,3 mm.

Nadalje smo podatke obdelali v programu za izračun oblike in gomoljev (slika 42).



Slika 42: : Prikaz vertikalne porazdelitve gomoljev pri preizkusu delovanja programa (prt. Sc programa: »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«)

Figure 42: Demonstration of vertically distributed tubers when testing performance of the programme (prt. Sc of the programme: »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«)

Na podlagi meritev smo ugotovili, da je minimalna razdalja med grebenom in najbližjim gomoljem 7,4 cm. Od levega roba grebena je najbližji gomolj odmaknjen 30,6 cm, od desnega pa 17 cm. Od vrha grebena je bil najbližji krompir odmaknjen 7,4 cm. Ploščina ogrinjače okrog gomoljev znaša 179,37 cm².

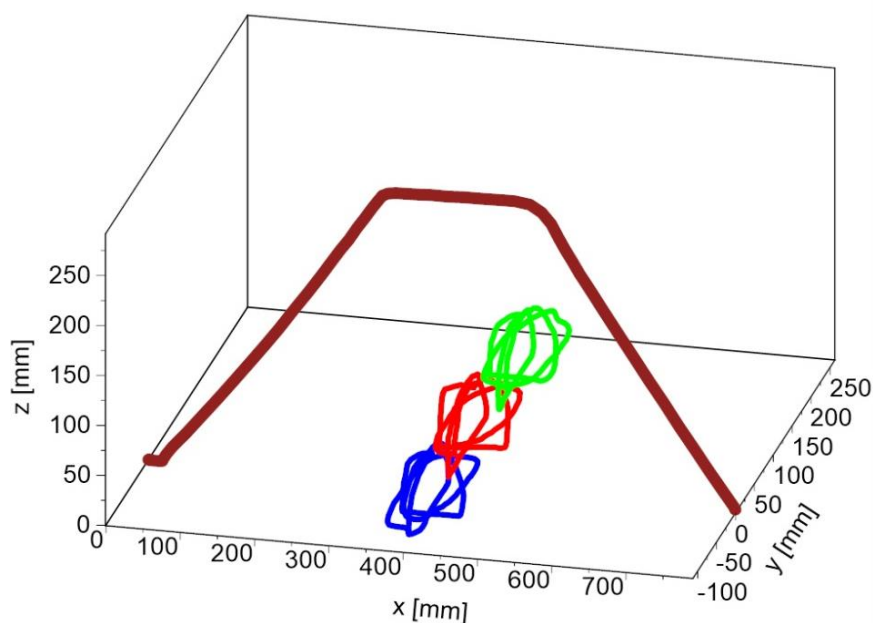
4.1.3 Vzdolžna porazdelitev gomoljev

Pri vzdolžni meritvi smo tri gomolje krompirja postavili vzdolžno na greben. Krompirje smo položili v izdolbeno ploščo iz stiropora tako, da so se dotikali tal. Položaj gomoljev smo izmerili, dobljene podatke pa obdelali z za to posebej narejenimi programi (slika 43).



Slika 43: Gomolji, postavljeni zaporedno po dolžini grebena (foto Uroš Benec, 2015)
Figure 43: Tubers placed longitudinally along the ridge (photo: Uroš Benec, 2015)

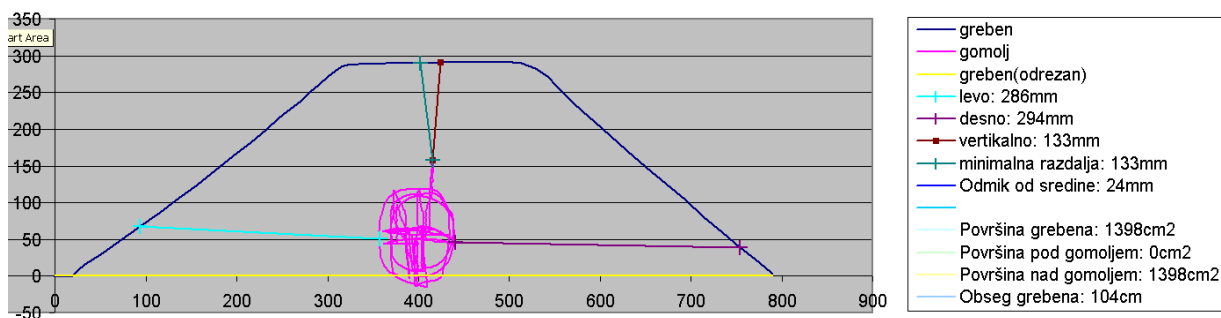
Zajem podatkov smo opravili s programom MERITVE 3D (slika 44).



Slika 44: 3D meritev vzdolžno na greben porazdeljenih gomoljev (Uroš Benec, 2015)
Figure 44: 3D measurements of longitudinally distributed tubers (Uroš Benec, 2015)

V tretjem preizkusnem primeru, ko so bili gomolji razporejeni vzdolžno, je bil horizontalni razpon gomoljev 92,6 mm. Vertikalni razpon porazdelitve gomoljev je bil 68,2 mm, medtem ko je bil vzdolžni razpon 340,9 mm.

Nadalje smo podatke obdelali v programu za izračun oblike in gomoljev (slika 44).



Slika 24: Prikaz vzdolžne porazdelitve gomoljev pri preizkusu delovanja programa (prt. Sc programa: »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«)

Figure 44: Demonstration of longitudinally distributed tubers when testing performance of the program (prt. Sc of the programme: »PRERAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV«)

Na podlagi meritev smo ugotovili, da je minimalna razdalja med grebenom in najbližjim gomoljem 13,3 cm. Od levega roba grebena je najbližji gomolj odmaknjen 28,6 cm, od desnega pa 29,4 cm. Od vrha grebena je bil najbližji krompir odmaknjen 13,3 cm.

Ploščina ogrinjače okoli gomoljev je 55,78 cm².

Na podlagi dobljenih rezultatov ugotavljamo, da merilna naprava deluje in omogoča tridimenzionalni zajem podatkov. S pomočjo vseh potrebnih pridobljenih podatkov lahko preučujemo razporeditev gomoljev v tleh in izračunamo ploščino ogrinjače, ne glede na to, ali so gomolji v tleh razporejeni vzdolžno, prečno ali vertikalno na greben.

4.2 PREIZKUS MODELA NA POSKUSNEM POLJU

Po opravljenih meritvah v laboratoriju Biotehniške fakultete smo z meritvami nadaljevali na poskusnem polju. Poglavitne meritve so: površina prečnega preseka grebena, vertikalna pokritost gomoljev, horizontalni, vertikalni in vzdolžni razpon ter površina ogrinjače, ki ponazarja razporeditev gomoljev v tleh.

Merilna mesta, ki v naravi predstavljajo eno krompirjevo rastlino, smo po izvedenih meritvah izkopali ter analizirali (Preglednica 7). Na poskusnem polju je bilo na eno krompirjevo rastlino povprečno 6,25 gomolja s povprečno maso 1,00 kg. Na hektar je bilo posajenih 53.200 gomoljev, tako je ocenjen pridelek 53.253 kg na hektar (Preglednica 8).

Preglednica 7: Pridelek krompirja

Table 7: Potato yield

Merilno mesto (krompirjeva rastlina)	Število gomoljev skupaj	Masa gomoljev skupaj (kg)
1.	7	0,64
2.	5	0,63
3.	5	0,59
4.	6	0,65
5.	5	1,28
6.	7	1,41
7.	9	1,53
8.	6	1,30

Preglednica 8: Analiza pridelka

Table 8: Analysis of harvest

Parametri	Vrednosti
povprečna masa gomoljev enega grma (kg)	1,00
povprečno število gomoljev na rastlino	6,25
število rastlin/ha	53.200
pridelek kg /ha	53.253
Standardni odklon	21.724
Interval zaupanja pri 5% tveganju ($\alpha = 0,05$)	18.162

Po opravljenih meritvah smo izločili tudi zelene gomolje (Preglednica 9). Zeleni gomolji pridelovalcu predstavljajo izgubo pri pridelavi, saj zmanjšujejo pridelek.

Preglednica 9: Pridelek zelenih gomoljev.

Table 9: Yields of green tubers

Merilno mesto	Št. zelenih gomoljev	Masa zelenih gomoljev skupaj (kg)	delež mase zelenih gomoljev glede na maso vseh gomoljev enega grma (%)
1.	3	0,1	15,67%
2.	1	0,06	9,49%
3.	0	0	0,00%
4.	0	0	0,00%
5.	0	0	0,00%
6.	0	0	0,00%
7.	1	0,34	22,28%
8.	1	0,82	63,47%

Pridelek zelenih gomoljev smo tudi analizirali (preglednica 10). Pri tem smo ugotovili, da je bilo povprečno 0,75 zelenega gomolja na rastlino s povprečno maso 0,16 kg. Skupno to predstavlja 8.756 kg krompirja na hektar oziroma 16,5 % celotnega pridelka.

Preglednica 10: Analiza pridelka zelenih gomoljev

Table 10: Analysis of green tuber yealds

Parametri	Vrednosti
Povprečna masa 1 grma (kg)	0,165
Povprečno število zelenih gomoljev	0,75
Št. rastlin/ha	53200
Pridelek kg/ha	8786,8

Dobljeni rezultati se tudi dejansko odražajo pri pridelavi krompirja, saj imajo ravno z zelenimi gomolji številni pridelovalci težave (slika 46).



Slika 46: Zeleni gomolji krompirja zmanjšujejo tržni pridelek (foto: Uroš Benec, 2015)

Figure 46: Green potato tubers reduce profitable yield (photo: Uroš Benec, 2015)

4.2.1 Površina prečnega preseka grebena

Najprej smo ocenili površino prečnega preseka grebena (preglednica 11). Povprečna površina prečnega preseka je bila 442,11 cm², minimalna 289,48 cm², maksimalna pa 572,41 cm². Greben je bil nižji od priporočene minimalne površine prečnega preseka grebena (Vučajnk 2009).

Preglednica 11: Meritve površine prečnega preseka grebena

Table 11: Surface of the cross section of the ridge

Merilno mesto	Površina grebena (cm ²)
1.	465,00
2.	403,00
3.	466,35
4.	289,48
5.	403,71
6.	486,96
7.	572,41
8.	449,93
Povprečje	442,11
Minimalna	289,48
Maximalna	572,41
Standardni odklon	81,47
Interval zaupanja pri 5% tveganju ($\alpha = 0,05$)	68,11

4.2.2 Vertikalna oddaljenost gomoljev krompirja od vrha grebena

Vertikalna oddaljenost gomoljev je merjena od vrha grebenu najbližjega gomolja do vrha grebena (Preglednica 12). V tabeli so tudi negativne vrednosti. To pomeni, da je bil del gomolja v času izkopa izven grebena oziroma na površini grebena, zaradi tega je tudi pozelenel.

Preglednica 22: Analiza vertikalne oddaljenost gomoljev od vrha grebena
Table 12: Vertical span - analysis

Merilno mesto	Vertikalna oddaljenost (mm)	Opomba
1.	-40,3	zeleni gomolj
2.	-33,9	zeleni gomolj
3.	14,5	/
4.	17,7	/
5.	1,8	/
6.	2,0	/
7.	-0,1	zeleni gomolj
8.	-4,8	zeleni gomolj

Povprečna vertikalna oddaljenost je bila -5,38864 mm, kar pomeni, da so bili gomolji na površini grebena. Priporočena pokritost gomoljev je 5 cm zemlje.

Vertikalna oddaljenost gomoljev je neposredno povezana z vertikalno pokritostjo gomoljev z zemljo. V štirih primerih je bila vertikalna pokritost gomoljev slaba. Gomolji so bili na vrhu grebena, zato so postali zeleni. Tudi v ostalih primerih je bila vertikalna pokritost majhna in je še vedno obstajala izrazita nevarnost za pozelenitev gomoljev. Prav tako so bili vsi ostali gomolji v višjih plasteh grebena, kjer je velika verjetnost za okužbo s krompirjevo plesnijo (*Phytophthora infestans*).

4.2.3 Horizontalni, vertikalni in vzdolžni razpon

Na podlagi izmerjenih vrednosti smo izračunali tudi horizontalne, vertikalne in vzdolžne razpone (preglednica 13) v grebenu.

Preglednica 33: Horizontalni, vertikalni in vzdolžni razpon gomoljev krompirja v grebenu
Table 13: Longitudinal, vertical and horizontal span of potatoe tubers in ridge

Merilno mesto	Horizontalni (mm)	Vertikalni (mm)	Vzdolžni (mm)
1.	255	72	24
2.	267	75	234
3.	203	113	134
4.	192	111	248
5.	258	150	284
6.	423	137	292
7.	294	150	335
8.	289	148	215
Povprečna (mm)	273	120	248

Na podlagi meritev smo izmerili, da je bil povprečni horizontalni razpon 273 mm, povprečni vertikalni razpon je bil 120 mm, povprečni vzdolžni razpon pa 248 mm.

Podatke smo z orodjem Microsoft Excel tudi statistično analizirali.

Na podlagi opravljene statistične analize lahko trdimo, da bo v 95 % primerih dolžina:

- 1) horizontalnega razpona v intervalu 273 +/- 71. To pomeni, da horizontalni razpon niha med 131 in 415 mm,
- 2) vertikalnega razpona v intervalu 120 +/- 32. To pomeni, da vertikalni razpon niha med 56 in 184 mm,
- 3) vzdolžnega razpona v intervalu 248 +/- 60. To pomeni, da vzdolžni razpon niha med 128 in 368 mm.

Na podlagi vzdolžnega razpona, kjer je maksimalna vrednost 308 mm, lahko sklepamo, da je potrebno to sorto saditi na večjo razdaljo v vrsti in sicer minimalno 31 cm.

Na podlagi vertikalnega razpona lahko sklepamo, da je potrebno za to sorto pripraviti nekoliko višje grebene, kot so bili uporabljeni v poskusu in kot je ustaljena praksa pri pridelavi krompirja v Sloveniji. Ob upoštevanju ugotovljenega maksimalnega razpona 152 mm med gomolji, in priporočljivi razdalji 50 mm od najvišje ležečega gomolja do vrha grebena, bi moral biti greben visok minimalno 202 mm. Dobljeni rezultati se tudi ujemajo z raziskavami Bugaričiča (2000), ki ugotavlja, da naj višina grebenov znaša med 200 in 250 mm.

Na podlagi horizontalnega razpona lahko določimo potrebno širino vrha grebena in to tako, da bodo gomolji optimalno pokriti z zemljo. V našem primeru optimalna širina vrha grebena znaša 28 cm. Tudi Vučajnik (2009) je v svoji raziskavi dokazal, da je 28 cm najbolj optimalna širina vrha grebena pri pridelavi krompirja.

4.2.4 Površina ogrinjače

Z matematičnim modelom smo izračunali površino ogrinjače, ki je obdajala gomolje krompirja (preglednica 14) v grebenu na poskusnem polju.

Preglednica 14: Površine ogrinjače

Table 14: Surface of tuber cluster

Merilno mesto	Površina ogrinjače (cm ²)
1	251,27
2	208,97
3	144,04
4	118,38
5	230,82
6	400,50
7	349,64
8	236,03
Povprečje	242,46

Podatke smo z orodjem Microsoft Excel tudi statistično analizirali (Preglednica 15).

Preglednica 15: Ogrinjača - statistična analiza

Table 15: Tuber cluster - statistical analysis

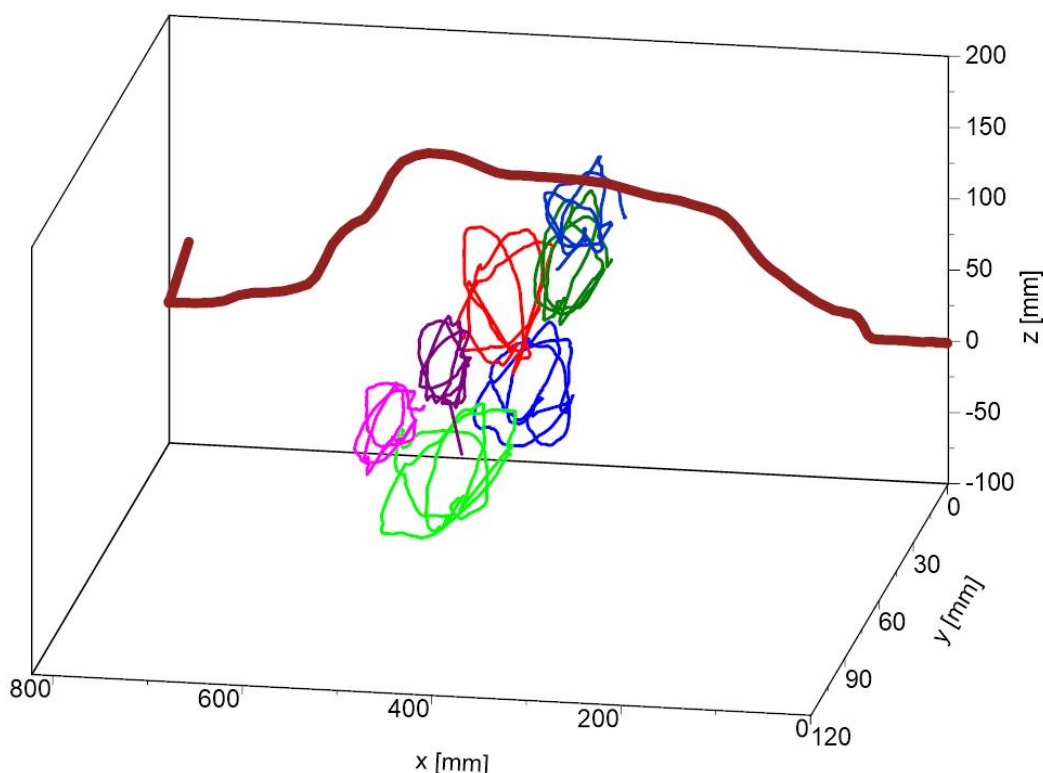
povprečje (cm ²)	242,46
mediana	233,43
standardni odklon	94,81
Razpon	282,12
Najmanjša	118,38
Največja	400,50

Na podlagi opravljene statistične analize lahko trdimo, da bo v 95 % primerih površina ogrinjače v interval 242 +/- 95. To pomeni, da površina ogrinjače niha na površini med 147,46 cm² in 337,46 cm².

Površina ogrinjače je v neposredni povezavi tudi s površino prečnega preseka grebena. Večja kot je namreč površina ogrinjače, večja mora biti tudi površina prečnega preseka grebena. Na podlagi maksimalne površine ogrinjače v primeru naših meritev je izračunana priporočena površina prečnega preseka grebena, ki znaša cca. 794 cm². Ker gre v tem primeru za srednje velike grebene, je po izledkih Arendsa in Kusa (1999) nujna saditev na medvrstni razdalji 75 cm (tabela 2).

4.2.5 Modelni greben

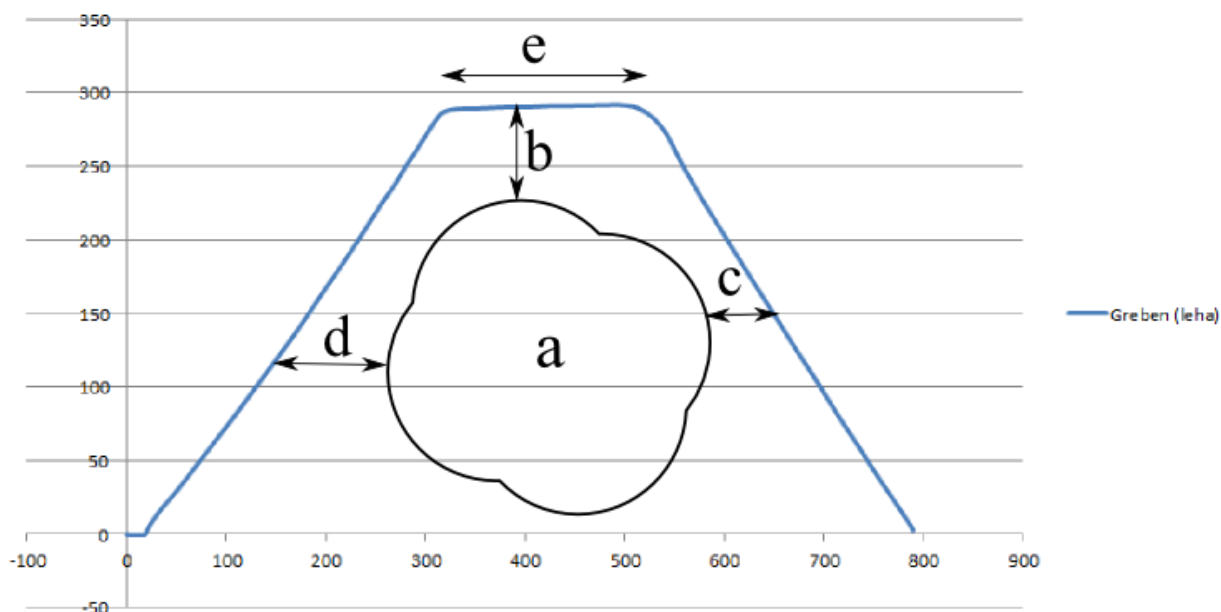
Glede na dobljene podatke lahko izračunamo oziroma pripravimo modelni greben za sorto Arizona iz našega poskusa. S pomočjo 3D modela lahko namreč natančno določimo položaj gomoljev v grebenu. Na podlagi pridobljenih podatkov lahko natančno izračunamo tudi horizontalni, vertikalni in v našem primeru tudi vzdolžni razpon. S tem dobimo natančne podatke o razporeditvi gomoljev v tleh (slika 47). Podatki so v obliki .txt, s čimer so na voljo za splošno obdelavo.



Slika 47: 3D grafični prikaz enega izmed merilnih mest.

Figure 47: 3D graphic representation of one of the measuring points.

Z nadaljnjo analizo podatkov v programu »IZRAČUNI OBLIKE IN GOMOLJEV« lahko določimo minimalno vertikalno razdaljo med vrhom grebena najbližjega gomolja, njegovo oddaljenost od levega in desnega roba grebena ter njegovo minimalno oddaljenost od roba grebena (slika 48).



Slika 48: Greben: a: ogrinjača (rastno območje), b: vertikalna oddaljenost med gomoljem in vrhom grebena, c: oddaljenost od desnega roba grebena, d: oddaljenost od levega roba grebena, e: širina vrha grebena.

Figure 48: Ridge a: fan system (growing area), b: the vertical distance between the tuber and the top of the ridge, c: distance from the right edge of the ridge, d: distance from the left edge of the ridge, e: the peak width of the ridge.

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko določimo optimalen greben za določeno sorto. Kot dokaz smo na podlagi dobljenih rezultatov, pripravili skico optimalnega grebena za sorto Arizona iz našega poskusa.

Modelni greben oblikovan za sorto Arizona je prikazan na sliki 49. Načrtovanje samega modelnega grebena temelji na predpostavki, da je optimalni greben enak enakokrakemu trapezu, ter da je središče pahljače hkrati tudi središče trapeza. Zato v tem primeru višina grebena predstavlja vertikalni razpon povečan za 5 cm. Srednjica trapeza je enaka horizontalnemu razponu povečanem za 10 cm. Stranice modelnega grebena izračunamo s formulami za izračun stranic v trapezu. Pri tem upoštevamo da je kot $\alpha = 45^\circ$. Pri načrtovanju optimalnega grebena smo upoštevali največje razpone. Kajti le takrat je zelenih gomoljev v grebenu najmanj (preglednica 15).

Preglednica 15: Modelni greben – izračunana dolžina stranic a, b in c (cm)

Table 15: Tuber cluster - statistical analysis

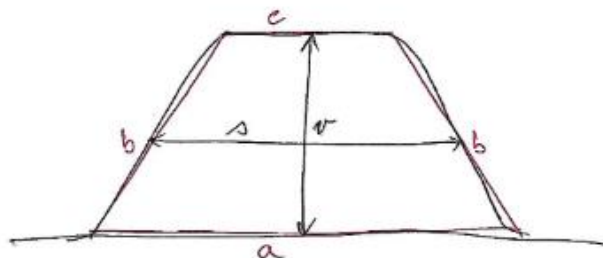
Merilno mesto	izračunana stranica b (cm)	izračunana stranica c (cm)	Izračunana stranica a (cm)
1.	25,13	17,77	53,31
2.	25,92	18,33	54,99
3.	21,41	15,14	45,41
4.	20,66	14,61	43,82
5.	25,28	17,88	53,63
6.	37,01	26,17	78,51
7.	27,88	19,71	59,14
8.	27,52	19,46	58,39
Optimalni greben	31,40	22,20	66,60

Priporočena medvrstna razdalja (a): optimalna za sorto iz poskusa je 67 cm

Priporočena setvena razdalja v vrsti: optimalna za sorto iz poskusa 31 cm

Priporočljiva višina grebena (v): optimalna za sorto iz poskusa 20 cm

Širina vrha grebena (c): optimalna za sorto iz poskusa 22 cm



Slika 49: Greben in razponi. a.) medvrstna razdalja, c) širina vrha grebena, v) priporočljiva višina grebena (Uros Benec, 2015)

Figure 49: Ridge and spreads. a.) row spacing, c) the width of the top of the ridge, in) recommended height of the ridge (Uros Benec, 2015)

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Cilj magistrske naloge je bil ugotoviti uporabnost matematičnega modela za ugotavljanje razporeditve gomoljev krompirja v tleh v poljskih razmerah. Pri tem smo uporabili koordinatno napravo, nadgradili 3D program in uporabili matematični model za ugotavljanje razporeditve gomoljev v tleh. Številne težave pridelovalcev pri pridelavi krompirja izhajajo namreč ravno iz nezadostne pokritosti gomoljev z zemljo. Najbolj izrazita težava so predvsem zeleni gomolji, ki jih pridelovalec ne more tržiti in zato zanj predstavljajo zgolj izgubo.

Z analizo podatkov smo ugotovili, da se je večina zelenih gomoljev nahajala na vrhu grebena in le redkeje ob stranicah. Vertikalno oddaljenost semenskega gomolja od vrha grebena lahko spreminjamo z globino saditve, kar je v svojih poskusih dokazal tudi Vučajnk (2009). V našem poskusu je znašala globina saditve 3,5 cm. Z bolj globoko saditvijo se tudi celotna ogrinjača prestavi nižje, zato se zmanjša število zelenih gomoljev.

Vučajnk (2009) je v svojih poskusih dokazal tudi, da je optimalna vertikalna oddaljenost med vrhom gomolja in grebenom od 5 do 8 cm. Prav tako je 5 cm priporočljiva oddaljenost gomolja od roba grebena. Na oddaljenost lahko pomembno vplivamo z oblikovanjem grebena in globino saditve gomolja krompirja. S širšim vrhom grebena dosežemo, da se poveča oddaljenost gomolja od levega in desnega roba grebena. S povečano globino saditve gomolja krompirja pa povečamo vertikalno oddaljenost med vrhom gomolja in vrhom grebena (slika 46).

Vendar moramo pri pridelavi upoštevati, da širši kot je greben, bolj je izpostavljen vremenskim razmeram. Zato je priporočljivo, da je vrh grebena optimalno prilagojen sorti krompirja v pridelavi. Tudi Potrpin in Bernik (2014) sta v svojih poskusih dokazala, da različne sorte potrebujejo različne prilagoditve tehnologije pridelave krompirja. Že sprememba v globini saditve z veliko zanesljivostjo zagotavlja večji pridelek tržnih gomoljev pri sorti Arizona, saj se pomembno zmanjša število zelenih gomoljev. Globljo oziroma nastavljivo globino saditve omogočajo vsi novejši sadilniki, ki omogočajo nastavljivo višino sadilnega lemeža.

S poskusi smo potrdili, da matematični model omogoča napovedovanje razporeditev gomoljev krompirja v grebenu. Izračunana ogrinjača tako lahko predstavlja poglobljen parameter za optimalno nastavitve delovnih strojev, ki jih uporabljamo pri pridelavi krompirja (sadilec, okopalnik, izkopalnik). Na podlagi izračunane ogrinjače lahko namreč izračunamo modelni greben in tako optimalno nastavimo osipalnik. Podatek o predvideni površini ogrinjače je še posebej priporočljiv za osipalnik z nastavljivimi osipalnimi glavami, s katerimi lahko greben optimalno pripravimo glede na potrebe sorte krompirja v nasadu

Izračunana ogrinjača in razponi so zelo pomembni tudi za nastavitev delovnega stroja za izkopavanje krompirja. Le-tega lahko nastavimo tako, da zajame celotno ogrinjačo v grebenu, pri tem pa se izogiba nepotrebnemu zajemu dodatne zemlje okoli gomoljev. Zemlja, ki jo delovni stroj za izkopavanje zajame, predstavlja namreč potencialno nevarnost za poškodbe na krompirju, prav tako pa poveča tudi strošek obratovanja izkopalnika. Realno bi si morali prizadevati za čim manjšo globino sajenja, vendar pa minimalno za toliko, kot je potrebna. Vsak centimeter večje globine bodisi pri saditvi bodisi pri prekomernem osipanju krompirja namreč pomeni kar $100 \text{ m}^3/\text{ha}$ več zemlje, presejane na kombajnu za krompir ob spravilu. Vsa ta teža pa seveda kombajn še dodatno obremenjuje, poveča pa se tudi obremenitev motorja.

Navedeni model za ugotavljanje razporeditve gomoljev v tleh nam omogoča določiti najprimernejšo globino saditve, razdaljo v vrsti ob saditvi ter ostale parametre za optimalno pripravljen greben. Prav tako so vsi parametri uporabni tudi pri nastavitvi delovnih strojev za posamezno sorto krompirja. Z modelom lahko namreč merimo in napovemo razporeditev gomoljev krompirja v tleh in določimo optimalni greben.

S pomočjo modela lahko oblikujemo modelni greben. To je greben, ki posamezni sorti najbolj ustreza. Znotraj takega grebena so gomolji krompirjev razporejeni tako, da so vsi pokriti z minimalno 5 cm zemlje ter, da je višina grebena taka, ki omogoča optimalno spravilo krompirja. Vendar pa so medvrstna in razdalja v vrsti pogojeni tudi s kmetijsko mehanizacijo, predvsem s kolotekom traktorja. Tako so priporočene medvrstne razdalje pri saditvi krompirja 65 cm, 75 cm in 90 cm (Kouwenhoven 1970). V našem poskusu smo izračunali, da je potrebna medvrstna razdalja 67 cm. Glede na omejitve pri kmetijski tehniki, izračunano medvrstno razdaljo ter z željo, da bi pokrili tudi vse osamelce priporočamo medvrstno razdaljo 75 cm. Priporočena razdalja v vrsti je 31 cm. Višina grebena 20 cm, ter širina vrha grebena 22 cm.

S poskusom smo sicer dokazali, da je mogoče podatke zajeti in jih z matematičnim modelom ustrezno obdelati, vendar je model zaradi velike variabilnosti na terenu težko uporabiti. Trenutno še ni narejenih raziskav, kako na položaj gomoljev in s tem na obliko ogrinjače vplivajo različni načini saditve, različna medvrstna razdalja in razdalja v vrsti ter vremenske razmere. Zato bi bilo smiselno tovrstne raziskave nadaljevati tudi v tej smeri.

6 POVZETEK (SUMMARY)

6.1 POVZETEK

V magistrski nalogi smo preizkusili model za določanje razporeditve gomoljev v tleh. Delovanje modela smo leta 2015 preizkusili v laboratoriju Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, praktično vrednost modela pa smo preizkusili na polju podjetja Zeleni Hit d.o.o. v Ljubljani na sorti Arizona.

V laboratorijskem preizkusu modela smo določili posamezne korake za opravljanje meritev in analizo rezultatov. Da bi lahko optimalno določili razporeditev gomoljev krompirja v tleh, smo zato nadgradili program za zajem podatkov. Program nam sedaj omogoča 3D zajem. S tem lahko natančno ugotovimo tako horizontalni kot tudi vertikalni in vzdolžni razpon gomoljev v tleh.

S pomočjo programa za preračun oblike in gomoljev lahko natančno določimo tudi vertikalno pokritost gomoljev ter minimalno oddaljenost od levega ter desnega roba grebena. Določimo pa tudi center gomoljev, ki je skupaj s težo gomoljev ključen parameter za izračun ogrinjače.

S preizkusom modela v laboratoriju smo ugotovili, da je s programi mogoče natančno zajeti podatke ter jih v programih tudi primerno obdelati. Dobljeni podatki pa omogočajo oblikovati optimalni greben za določeno sorto, določiti optimalno globino saditve ter razdaljo v vrsti pri saditvi.

Tudi pri preizkusu modela na poskusnem polju smo ugotovili, da je mogoče zajeti vse podatke, na podlagi katerih lahko optimalno pripravimo delovne stroje.

Izmerjena horizontalna, vertikalna in vzdolžna razporeditev gomoljev krompirja v tleh, določitev vertikalne pokritosti gomoljev in izračunana površina ogrinjače okrog gomoljev so ključni parametri, ki nam omogočajo, da opravimo delovne procese pri pridelavi krompirja tako, da so le-ti izvedeni optimalno. Z dobljenimi parametri lahko nastavimo sadilec, osipalnik ter izkopalnik za krompir tako, da omogočamo krompirju optimalne pogoje za rast, razvoj in izkop. S tem zmanjšamo izgube na polju ter posledično povečamo gospodarnost pridelave krompirja.

Na podlagi opravljenih meritev in izračunanih podatkov lahko trdimo, da nam ta model omogoča pridobiti vse potrebne podatke, s katerimi lahko merimo in zanesljivo napovemo razporeditev gomoljev krompirja v tleh. S pomočjo dobljenih podatkov lahko tako pripravimo optimalno obliko grebena ter določimo minimalno potrebno globino in razdaljo sajenja semenskega gomolja krompirja sorte Arizona. Z dodatnimi meritvami bi lahko te parametre določili za vsako sorto krompirja posebej.

6.2 SUMMARY

The master's thesis focuses on the testing of a model for determining the distribution of tubers in the ground. The functioning of the model was tested at the laboratory of the Biotechnological Faculty of the University in Ljubljana in 2015, while in practice the model was tested on a field owned by company Zeleni Hit d.o.o. in Ljubljana on potato variety Arizona

After the laboratory testings, an analysis of the results was made and steps determined for the conducting of measurements in the field. To optimize the determining of the distribution of potato tubers in the ground, the programme was upgraded to include a three-dimensional presentation. This allows us to precisely determine the horizontal, vertical and parallel spans of the distribution of tubers in the ground.

Using a programme calculating the shape and tubers, the vertical coverage of the tubers and their minimum distance from the left and right edges of the trench can be precisely determined. The programme also enables us to calculate the centre of tubers, which along with their mass is a key parameter for the calculation of the surface of the fan system.

The laboratory testing of the model revealed that programmes can process data and analyse them with precision. Obtained data allow us to build up optimal ridge for specific variety and determine optimal depth and interval when planting.

On the test field was also established, when testing the model that it is possible to obtain all the data from which optimal adjustment on agricultural machinery can be made.

Measured horizontal, vertical and longitudinal arrangement of potato tubers in soil, established vertical coverage with tubers and calculated area of fan around tubers are main parameters, allowing us to perform working practice for potato cultivation in optimal manner. Obtained parameters are base for adjusting and setting potato planter, bed former and digger or harvester so that potato has optimal growing and harvesting conditions, resulting in lower costs and consequential higher profitability of potato cultivation.

Based on the calculated data, it can be said that the model enables the acquisition of all the necessary data to measure and plan with precision the distribution of potato tuber in the ground. Using the data the optimal shape of the ridge could be prepared and the minimum necessary depth and distance for the planting of the Arizona seed potato tubers could be determine. With additional measurements, these parameters could be determined for each variety of potato individually.

7 VIRI

- Agrico. Variety characteristics 2014-2015. 2014. Emmelord, Agrico: 60 str.
- Arends P., Kus M. 1999. Nasveti za pridelovanje krompirja v Sloveniji. Kranj, Mercator – KŽK Kmetijstvo Kranj: 241 str.
- Arora R.K. 1989. Distribution of Healthy and late Blight Infected Tubers in Potato Ridges. Indian Journal of Mycology and Plant Pathology, 19, 2: 232–233
- Atlas Okolja. 2016
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso
(22.12.2015)
- Bernik R., Demšar I., Potrpin J. 2015. Growth requirements of different potato cultivars. Plant, Soil and Environment, 61, 12: 553-559
- Bruise and damage. 2015.
<http://potatoes.ahdb.org.uk/media-gallery/detail/13213/3356> (20.6.2015)
- Bugarčić Ž. 2000. Krompir: tehnologija proizvodnje, skladištenje i zaštita. Beograd, Caligraph: 50 str.
- Burgman M. A., Fox J. 2013. Bias in species range estimates from minimum convex polygons: implications for conservation and options for improved planning. Animal Conservation, 6: 19-28
- Canadian Food Inspection Agency. 2013a. Gwenne.
<http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/pbrpov/cropreport/pot/app00009171e.shtml>
(16.8.2015)
- Canadian Food Inspection Agency. 2013b. Plant Morphology.
<http://www.inspection.gc.ca/plants/potatoes/guidance-documents/pi-005/chapter-3/eng/1381190037846/1381190038643> (16.8.2015)
- Cedilnik A. 2012. Enačba za izračun površine ogrinjače okrog gomoljev krompirja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta (osebna informacija, maj 2012)
- Dolničar P. 1997. Motnje in napake pri krompirju, ki jih ne povzročajo bolezni in škodljivci. Sodobno kmetijstvo, 30, 2: 67–69
- Dolničar P. 2001. Stroji za medvrstno obdelavo krompirja. Tehnika in Narava, 2: 31–32
- Dolničar P., Vučajnk F., Godeša T., Bernik R. 2004. Vpliv stresnih razmer in tehnologije pridelovanja na pojav fizioloških napak na gomoljih krompirja. V: Novi izzivi v poljedelstvu 2004 : zbornik simpozija : proceedings of symposium, Čatež ob Savi, 13. in 14. december 2004. Tajnšek A. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo, 220–227
- FAOSTAT. 2015. Production quantities by country,
<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (april 2015)

- Gerighausen H.G. 1994. Bei Kluten ist die Fräse besser. Profi, 4: 26–29
- Greening. 2015. AHDB Potatoes..
<http://potatoes.ahdb.org.uk/media-gallery/detail/13213/3357> (20.6.2015)
- Godeša T. 2002. Določanje oblike grebena pri pridelavi krompirja (*Solanum tuberosum* L.). V: Novi izzivi v poljedelstvu 2002, Zreče, 5. in 6. dec. 2002. Tajnšek A., Šantavec I. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 313–317
- Gospodarič B. 2015. Meritve 3D - navodila za delo s programom. Ljubljana, Biotehniška fakulteta (osebna informacija, 16.8. 2015)
- Hawkins D. 1957. The design of potato harvesters. Journal of Agricultural Engineering Research, 2: 14–24
- Kocjan Ačko D, 2003. Pridelek in senzorična kakovost krompirja (*Solanum tuberosum* L) iz koleksijskega nasada Biotehniške fakultete. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Kmetijstvo, 81, 1:265-275
- Kocjan Ačko D., Goljat A. 2005. Krompir. Ljubljana, Kmečki glas: 175 str.
- Kouwenhoven J.K. 1967. Recent development in potato ridging in the Netherlands. European Potato Journal, 3: 257–271
- Kouwenhoven J.K. 1970. Yield, grading and distribution of potatoes in ridges in relation to planting depth and ridge size. Potato Research, 13: 59–77
- Kouwenhoven J.K. 1978. Ridge quality and potato growth. Netherland Journal of Agricultural Science, 26: 288–303
- Kouwenhoven J.K., Perdok U.D. 2000. Ridges for new potato varieties in The Netherlands. Wageningen, University, Soil Technology Group: 10 str.
- Kouwenhoven J.K., Perdok U.D., Jonkheer P.K., Sikkema P.K., Wieringa A. 2003. Soil ridge geometry for green control in French fry potato production on loamy clay soils in The Netherlands. Soil & Tillage Research, 74: 125–141
- Kus M. 1994. Krompir. Ljubljana, Kmečki glas: 225 str.
- Late Blight. 2015. AHDB Potatoes..
<http://potatoes.ahdb.org.uk/media-gallery/detail/13214/2634> (20.6.2015)
- Meteo portal. 2015. Arhiv meritev. Agencija Republike Slovenije za Okolje
<http://www.meteo.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydlJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9iclFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf;> (10.11. 2015)
- Potrpin J., Bernik R. 2014. Requirements for the growth with regard to the space in the ridge with different potato cultivars. Journal of Food, Agriculture & Environment, 12, 1: 1532-1537

Projekt Prima. 1999. Semenarna Ljubljana d.d.

RKG-GERK. 2015. Javni pregledovalnik grafičnih podatkov MKGP.

<http://rkg.gov.si/GERK/WebViewer> (10.9.2015)

Scholz B. 1969. Kartoffelpflege. München – Wolfratshausen, Hellmut-Neureuter-Verlag: 133 str.

Spiess E., Ballmer T., Hebeisen T. 2002. 90 cm Reihenabstand in kartoffelbau. Informationstagung in Landtechnik, 2002: 1-13

Statistični urad Republike Slovenije. 2015.

<http://www.stat.si> (20.3.2015)

Struik P.C., Wiersema S.G. 1999. Seed potato technology. Wageningen, Wageningen Press: 377 str.

USDA. 2014. Potatoes. United States Department of Agriculture. Economic research service.

<http://www.ers.usda.gov/topics/crops/vegetables-pulses/potatoes.aspx> (10.3. 2015)

Vučajnk F. 2006. Pridelava krompirja pri različnih medvrstnih razdaljah grebenov in pri uporabi osipalnikov z različnimi načini delovanja. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 225 str.

Vučajnk F. 2009. Novi načini saditve krompirja in oblikovanja grebenov. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 341 str.

ZAHVALA

Za vse nasvete, pomoč in vzpodbudne besede pri izdelavi magistrskega dela, se iskreno zahvaljujem mentorju red. prof. dr. mag. Rajkotu Bernik.

Zahvaljujem se tudi dr. Filipu Vučajnk, dr. Bojanu Gospodarič ter dr. Joštu Potrpin za vso pomoč pri pripravi programske opreme, pripravi poskusa in pri opravljanju meritev.

Zahvaljujem se tudi ženi Damjani, hčerkam Florjani, Amaliji in Gabrijeli ter svojim staršem, ki so mi stali ob strani in me spodbujali.