

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Miroslav Salaić, mag. ing. agr.

**Primjena genomskog prediktivnog modeliranja kombinatornih
sposobnosti u selekciji oplemenjivačkih linija kukuruza**

DOKTORSKI RAD

"Sveučilište u Osijeku, Fakultet
agrobiotehničkih znanosti
Osijek"

PRIMLJENO: 13.02.2026

KLASA: 643-03/26-01/02

URBROJ: 2158-94-02-26-02



Osijek, 2026.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Osijek, 2026.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Miroslav Salaić, mag. ing. agr.

**Primjena genomskog prediktivnog modeliranja kombinatornih
sposobnosti u selekciji oplemenjivačkih linija kukuruza**

- Doktorski rad -

Osijek, 2026.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Miroslav Salaić, mag. ing. agr.

**Primjena genomskog prediktivnog modeliranja kombinatornih
sposobnosti u selekciji oplemenjivačkih linija kukuruza**

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Sonja Petrović
Komentor: prof. dr. sc. Zvonimir Zdunić

Povjerenstvo za ocjenu:

- 1. dr. sc. Mirta Rastija, redovita profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednica**
- 2. dr. sc. Vlatko Galić, znanstveni savjetnik, Poljoprivredni institut Osijek, član**
- 3. dr. sc. Andrijana Rebekić, redovita profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, članica**

Osijek, 2026.

Miroslav Salaić, mag. ing. agr.

**Primjena genomskog prediktivnog modeliranja kombinatornih
sposobnosti u selekciji oplemenjivačkih linija kukuruza**

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Sonja Petrović

Komentor: prof. dr. sc. Zvonimir Zdunić

Javna obrana doktorske disertacije održana je godine pred Povjerenstvom za obranu:

- 1. dr. sc. Mirta Rastija, redovita profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednica**
- 2. dr. sc. Vlatko Galić, znanstveni savjetnik, Poljoprivredni institut Osijek, član**
- 3. dr. sc. Andrijana Rebekić, redovita profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, članica**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij: Poljoprivredne znanosti

Smjer: Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

UDK:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Poljoprivreda

Grana: Genetika i oplemenjivanja bilja, životinja i mikroorganizama

Primjena genomskog prediktivnog modeliranja kombinatornih sposobnosti u selekciji oplemenjivačkih linija kukuruza

Miroslav Salaić, mag. ing. agr.

Disertacija je izrađena na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijeka Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentor: prof. dr. sc. Sonja Petrović

Komentor: prof. dr. sc. Zvonimir Zdunić

Cilj ove doktorske disertacije bio je unaprijediti razumijevanje genetskih i okolinskih čimbenika koji određuju prinos zrna kukuruza te ispitati mogućnosti primjene genomske predikcije za procjenu kombinatornih sposobnosti oplemenjivačkih linija. Polazišna hipoteza bila je da se kombinacijom poljskih pokusa, analiza varijance, procjene OKS/SKS i genomske predikcije može pouzdano predvidjeti genetski potencijal križanaca te time skratiti selekcijski ciklus u oplemenjivanju kukuruza. Istraživanje je provedeno tijekom tri vegetacijske sezone (2023.–2025.) na eksperimentalnim poljima u Osijeku. U pokus je bilo uključeno više oplemenjivačkih linija i dva testera iz različitih heterotičkih skupina (B37 i ID) pri čemu su križanci testirani pod tri razine dušične gnojidbe (N0, N69, NFull). Analize varijance pokazale su da je godina pokusa bila najveći izvor ukupne fenotipske varijabilnosti osobito za prinos zrna i vlagu. Interakcija genotip $\times$ godina bila je umjerena što potvrđuje genotipsku plastičnost, dok je interakcija genotip $\times$ tretman bila zanemariva što upućuje na homogen odgovor genotipova na razine dušika u uvjetima klimatskog stresa. Za vlagu i hektolitarsku masu utvrđen je znatno veći utjecaj okoline. Genomska predikcija pokazala je različitu razinu uspješnosti ovisno o svojstvu. Disertacija daje važan doprinos u području primjene genomske selekcije u oplemenjivanju kukuruza te naglašava potrebu integracije molekularnih markera, okolišnih informacija i višegodišnjeg fenotipskog vrednovanja u modernim oplemenjivačkim programima.

Broj stranica: 99

Broj slika: 13

Broj tablica: 5

Broj grafikona: 10

Broj literaturnih navoda: 115

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: prediktivno modeliranje, genomska selekcija, kukuruz, NUE, OKS, SKS

Datum obrane:

Povjerenstvo za obranu:

1. **prof. dr. sc. Mirta Rastija** – predsjednica povjerenstva
2. **dr. sc. Vlatko Galić** – član
3. **prof. dr. sc. Andrijana Rebekić** – članica

Disertacija je pohranjena u:

Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Postgraduate university study: Agricultural sciences

Course: Plant breeding and seed production

UDK:

Scientific Area: Biotechnical Sciences

Scientific Field: Agriculture

Branch: Genetics and breeding of plants, animals and microorganisms

Application of genomic predictive modelling of combining ability in the selection of maize breeding lines

Miroslav Salaić, mag-ing.agr

Thesis performed at Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Supervisor: Prof. dr. sc. Sonja Petrović

Co-supervisor: Prof. dr. sc. Zvonimir Zdunić

The aim of this doctoral dissertation was to improve the understanding of genetic and environmental factors determining maize grain yield and to evaluate the potential application of genomic prediction for assessing the combining abilities of breeding lines. The underlying hypothesis was that the integration of field trials, analysis of variance, estimation of general and specific combining ability (GCA/SCA), and genomic prediction enables reliable prediction of the genetic potential of hybrids, thereby shortening the selection cycle in maize breeding. The research was conducted over three growing seasons (2023–2025) at experimental fields in Osijek. The trial included several breeding lines and two testers from different heterotic groups (B37 and ID), with hybrids evaluated under three nitrogen fertilization levels (N0, N69, NFull). Analysis of variance indicated that the experimental year was the largest source of total phenotypic variability, particularly for grain yield and grain moisture. The genotype × year interaction was moderate, confirming genotypic plasticity, whereas the genotype × treatment interaction was negligible, suggesting a homogeneous response of genotypes to nitrogen levels under climatic stress conditions. Grain moisture and test weight were found to be substantially more influenced by environmental factors. Genomic prediction showed varying levels of accuracy depending on the trait. This dissertation provides an important contribution to the application of genomic selection in maize breeding and highlights the need to integrate molecular markers, environmental information, and multi-year phenotypic evaluation in modern breeding programs.

Number of pages: 99

Number of figures: 13

Number of tables: 5

Number of chart: 10

Number of references: 115

Original in: Croatian

Key words: predictive modeling, genomic selection, maize, NUE, GCA, SCA

Date of the thesis defense:

Reviewers:

1. **prof. dr. sc. Mirta Rastija** – president
2. **dr. sc. Vlatko Galić**– member
3. **prof. dr. sc. Andrijana Rebekić**– member

Thesis deposited in:

National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb; University of Rijeka; University of Split

KAZALO

1. UVOD	3
1.1. Pregled literature	5
1.1.1. Kukuruz - podrijetlo, genetska različitost i ciljevi oplemenjivanja	5
1.1.2. Oplemenjivanje na NUE	7
1.2. Uloga molekularnih markera u oplemenjivanju kukuruza	12
1.3. Genomska predikcija	15
1.4. Ciljevi istraživanja i hipoteza	18
2. MATERIJAL I METODE RADA	19
2.1. Linije za proizvodnju potrebnog materijala za sjetvu pokusa	19
2.2. Poljski pokus.....	22
2.3. Fenotipizacija germplazme kukuruza	24
2.4. Statistička obrada podataka i izrada modela.....	26
2.5. Agroekološki uvjeti proizvodnje od 2023. - 2025. u Osijeku.....	29
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	31
3.1. Varijabilnost morfoloških ocjena tijekom vegetacije	31
3.2. Kombinatorne sposobnosti za prinos zrna	33
3.3. Kombinatorne sposobnosti za vlagu zrna	38
3.4. Kombinatorne sposobnosti za hektolitarsku masu	43
3.5. Genomska predikcija	48
4. RASPRAVA.....	53
4.1. Analiza prinosa	53
4.2. Analiza vlage zrna	57
4.3. Analiza za hektolitarsku masu zrna	60
4.4. Učinkovitost genomske predikcije za svojstva zrna kukuruza	62
5. ZAKLJUČAK.....	66
6. LITERATURA	69

7. SAŽETAK.....	80
8. SUMMARY.....	82
9. PRILOG.....	84
ŽIVOTOPIS.....	99

1. UVOD

Kukuruz (*Zea mays L.*) jedna je od najvažnijih ratarskih kultura u svijetu s ključnom ulogom u globalnoj proizvodnji hrane, stočne hrane i industrijskih sirovina. Prema Organizaciji za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (FAO, 2023) godišnja globalna proizvodnja kukuruza prelazi 1,2 milijarde tona pri čemu su vodeći proizvođači Sjedinjene Američke Države, Kina i Brazil. U Europskoj uniji kukuruz se uzgaja na više od 8 milijuna hektara dok u Hrvatskoj njegova površina varira između 250 000 i 300 000 hektara ovisno o tržišnim uvjetima i klimatskim promjenama. Oplemenjivanje kukuruza započelo je selekcijom lokalnih populacija, a moderno oplemenjivanje temelji se na hibridizaciji i genetičkom poboljšanju otpornosti, prinosa i kvalitete zrna (Duvick, 2005). Uvođenje jednostrukih (eng. *single cross*) hibrida tijekom 20. stoljeća omogućilo je značajno povećanje prinosa čime je postignut napredak u agronomskoj produktivnosti kroz poboljšanu genetsku stabilnost, otpornost na stresne uvjete i učinkovitiju iskorištenost raspoloživih resursa (Hallauer i sur., 2010). Hibridi kukuruza koji se koriste u današnje vrijeme uglavnom su *single cross* hibridi dobiveni inbred linijama iz genetski suprotnih heterotičnih skupina kako bi se maksimizirao heterozis. Ovaj pristup oplemenjivanju temelji se na principima heterotičnih obrazaca koji omogućuju optimalnu kombinaciju alela iz različitih genetičkih skupina, čime se povećava ukupna učinkovitost biljke u agronomskim uvjetima proizvodnje (Mikel i Dudley, 2006). Najveći doprinos povećanju prinosa kukuruza postignut je kroz napredak u oplemenjivanju usmjerenom na poboljšanje tolerancije biljaka na različite stresne uvjete, uključujući gusti sklop, niske noćne temperature, ograničenu dostupnost vode i nedostatnu opskrbu dušikom (Tollenaar i Wu, 1999). Postizanje visokog prinosa zrna u modernoj proizvodnji kukuruza zahtijeva dodavanje dušika (N) gnojdbom. Mineralni dušik može značajno povećati troškove proizvodnje zbog visokih cijena posljednjih godina uzrokovanih energetsom krizom. Tijekom asimilacije nitrat (NO_3^-) je preferirani izvor dušika za većinu biljnih vrsta kao što je kukuruz, bilo da je organskog ili anorganskog podrijetla (Bloom 2015). Iako dušik povoljno utječe na prinos kukuruza treba voditi brigu o nitratnoj direktivi koja iznosi 170 kg N/ha godišnje (NN 60/2017). Jasno je da proizvodnja mineralnih dušičnih gnojiva doprinosi onečišćenju okoliša, čiji negativni utjecaj možemo smanjiti racionalnom upotrebom te korištenjem genotipova koji pokazuju bolju učinkovitost korištenja dušika.

Prema Bertin i Gallais (2000) genotipovi se mogu značajno razlikovati prema učinkovitosti korištenja dušika. Jedno od mogućih rješenja za velike inpute u proizvodnji je selekcija kukuruza s ciljem povećanja učinkovitosti korištenja dušika (eng. *Nitrogen Use Efficiency*,

NUE). Osim smanjenja troškova u proizvodnji povećanje iskoristivosti dušika kod kukuruza ima i pozitivan utjecaj na okoliš. Iskoristivost dušika je omjer prinosa zrna i primijenjenog dušičnog gnojiva (Moose i Below 2009). Provedena su brojna agronomska, fiziološka i molekularno-genetska istraživanja s ciljem boljeg razumijevanja regulatornih mehanizama koji upravljaju asimilacijom i recikliranjem dušika tijekom rasta i razvoja biljke. Ova istraživanja nisu provedena samo radi unaprjeđenja temeljnog znanja o asimilaciji dušika u biljkama C4 tipa, već i s ciljem identificiranja agronomskih, fizioloških i genetskih markera koji bi se mogli koristiti za razvoj novih genotipova kukuruza s poboljšanom učinkovitošću korištenja dušika (Hirel i Gallais, 2011). Oplemenjivanje kukuruza za bolju iskoristivost dušika podrazumijeva nekoliko izazova kao što su genetička složenost svojstva, snažna interakcija s okolinom i zahtjevna fenotipizacija u polju (eng. *high cost of field phenotyping*) (Mastrodomenico i sur. 2018). Slijedom napretka znanosti i istraživanja, poboljšana učinkovitost iskorištenja dušika razvijala se kroz povijest.

Na Odjelu za genetiku i oplemenjivanje kukuruza Poljoprivrednog instituta Osijek u sklopu trajnih znanstvenih aktivnosti provedena je gusta genotipizacija (eng. *high density genotyping*) 1300 najvažnijih oplemenjivačkih inbred linija kukuruza korištenjem visokopropusne genotipizacije za polimorfizme jednog nukleotida (eng. *high-throughput single nucleotide polymorphism (SNP) genotyping*) iz ukupne DNA prema metodologiji Ganai i sur. (2011). Efektivni broj markera korišten za predviđanja poboljšava točnost predviđanja samo do točke saturacije genetičke mape kada su svi događaji rekombinacije zabilježeni markerima (Combs i Bernardo 2013). Gusta genotipizacija podrazumijeva takvu gustoću markera koja nadilazi očekivani broj rekombinacija u populaciji (Stange i sur. 2013). Uspješno su prikupljene kvalitetne informacije o ~56.000 lokusa. Uporaba genomskih podataka u prediktivnom modeliranju prinosa kukuruza već je naišla na široku primjenu u industriji (Bernardo 2020), dok se uporaba dodatnih informacija u modelima intenzivno istražuje zbog mogućnosti detaljnijeg obuhvaćanja interakcija genotipa i okoline te posredno povećanja točnosti modela (Cooper i Messina 2021). U skladu s navedenim, na Odjelu je u prijašnjim istraživanjima prikazana korisnost dodavanja postojećih i dodatnih fenotipskih podataka u modele (Galić i sur. 2019, Galić i sur. 2020a, Galić i sur. 2020b).

1.1. Pregled literature

1.1.1. Kukuruz - podrijetlo, genetska različitost i ciljevi oplemenjivanja

Kako bi se osigurala održiva proizvodnja kukuruza, potrebno je kontinuirano poboljšavati genetski materijal kroz proces selekcije. Konvencionalne metode selekcije su dugotrajne i zahtijevaju velike resurse. Prema Washburnu i sur. (2020) kroz povijest postoji dva ključna poboljšanja u predviđanju i oplemenjivanju kukuruza, prvo je domestikacija modernog kukuruza od teozinte, a drugo je uvođenje i primjena Mendelovih principa što je donekle uključilo formalizaciju genetičke teorije kao i pojavu alata poput koncepta genetske dobiti, linearni miješani modeli te korištenje pedigreea za selekciju.

Ovisno o fazi oplemenjivačkog programa, odabrani roditelji mogu se koristiti za komercijalnu primjenu hibrida ili za nastavak uzgojnog ciklusa te stvaranje novih inbred linija korištenjem strategije poznate kao uzgoj iz pedigreea (Lu i Bernardo, 2001).

Moderni uzgoj kukuruza uvelike se oslanja na fenomen heterozisa (F_1 hibridna vigoroznost ili snaga), koji nastaje križanjem dviju različitih inbred linija s optimalnom kombinacijskom sposobnošću, što rezultira visokoprinosnim hibridima koji svojim fenotipskim svojstvima nadmašuju roditeljske linije. Iako točni uzroci heterozisa nisu u potpunosti razjašnjeni, osnovne genetičke hipoteze dominacije superdominacije i epistaze (Jones, 1917; East, 1908; 1936; Shull, 1948, Mienvielle, 1987, Schnell and Cockerham, 1992) nastoje objasniti ovaj fenomen. Velik broj istraživača navode kako niti jedna od ovih teorija ne isključuju jedna drugu te da „problem heterozisa“ leži u nasljeđivanju kvantitativnih svojstava koja su pod utjecajem velikog broja gena malog učinka koji pokazuju intraalelne i interalelne interakcije, a da pri tom najveći dio tih gena pokazuje dominaciju (Schnable i Springer, 2013; Mackay i sur., 2021). Suvremeni uzgoj kukuruza ima za cilj stvaranje novih kultivara s poboljšanim svojstvima, smatra se da je heterozis povezan s genetskom udaljenošću između roditeljskih formi, određenim polimorfizmom DNA, stoga pravilan odabir roditeljskih komponenti postaje ključni element u uzgojnom procesu (Schrag i sur., 2010).

Larièpe i sur. (2017.) u svom istraživanju navode da genetska udaljenost između roditelja hibrida značajno utječe na specifičnu kombinatornu sposobnost (eng. *specific combining abilities*, SCA), više nego na opću kombinatornu sposobnost (eng. *general combining abilities*, GCA), dok udaljenost od testera poboljšava procjenu potencijala inbred linija. Molekularne informacije o strukturi populacije i genetskoj udaljenosti ključne su za

proučavanje GCA i SCA komponenti. Ove informacije potvrđuju važnost heterotičkih skupina u oplemenjivanju, ali značajne varijance GCA i SCA ukazuju na dostupnu varijaciju za daljnji uzgoj. Pristup pridružujućeg kartiranja (eng. *association mapping*) na test-križancima mogao bi otkriti genomske regije povezane s GCA i SCA, a identifikacija regija povezanih sa SCA mogla bi poboljšati predviđanje ciljanih performansi hibrida.

Napredak u kvantitativnoj genetici omogućio je preciznije razdvajanje genetskih i okolišnih čimbenika koji utječu na fenotip, dok su sofisticirane metode selekcije, poput rekurentne selekcije i introgresije, dodatno poboljšale oplemenjivačke programe (Dekkers i Hospital, 2002).

U kontekstu klasičnog oplemenjivanja biljaka, problem interakcije genotipa (G) i okoliša (E, eng. *environment*) ili skraćeno G x E se javlja kada se razlike u određenim vrijednostima između dva genotipa ovise o okolišu u kojem se uzgajaju. Problem G x E se rješava na nekoliko načina (DeLacy i sur., 1996), najčešće se G x E u analizi zanemaruje smatrajući ga bukom (eng. *noise*). Buka (*noise*) ukazuje da se radi o prisutnoj varijabilnosti koja opisuje moguće scenarije kako različiti genotipovi (odnosno njihove genetske predispozicije) imaju različiti odgovor na promjenjive uvjete okoline što dovodi do nedosljednih fenotipskih vrijednosti. U statističkom modeliranju komponenta buke u G x E odnosi se na rezidualnu varijancu koja nije objašnjena glavnim genetičkim ili okolišnim efektima (Roggers i Holland, 2021). Drugi pristup je identificiranje ponovljivih G x E obrazaca u podacima dijeljenjem okoline koje cilja uzgoj na mega-okoline koja minimiziraju G x E unutar mega-okolina. To omogućuje ciljanje genotipa i povećava nasljednost svojstava unutar mega-okolina, pod uvjetom da su dostatna sredstva za uzgoj dodijeljena svakoj mega-okolini (Windhausen i sur., 2012).

Selekcija germplazme odgovarajuće razine srodnosti i stvaranje visoko kvalitetnih fenotipskih podataka biti će glavne odrednice mogućnosti upotrebe kombinacije genetičkih i fenotipskih podataka u budućnosti (Myles i sur. 2009).

Svojstvo kontrolirano s 10 nezavisnih gena zahtijevalo bi procjenu više od 3000 povratno križanih F₁ jedinki da bi s 95% sigurnošću identificirao barem jedan F₁ individualni heterozigot za svih 10 alela (Bonnett i sur. 2005).

Shi i sur. (2013) navode da su ekonomski važna svojstva često poligena, stoga je malo vjerojatno da bi jedan genotip ili rekombinantna inbred linija (RIL, eng. *Recombinant Inbred Line*,) sadržavala potreban kontrast u svim relevantnim genima koji utječu na svojstvo. Veličina populacije potrebne za istraživanje poligena svojstava su vrlo velike (>200 RIL-ova), stoga zahtijevaju značajne resurse za pouzdano fenotipiziranje. Ako se to proširi na više okolina i kombiniranih svojstava tada ulaganja postaju još značajnija, čak i s obzirom na najbolji genetički materijal i eksperimentalni dizajn. Također je teško pouzdano izmjeriti kvantitativno svojstvo.

1.1.2. Oplemenjivanje na NUE

Jedan od glavnih ciljeva u održive poljoprivrede je smanjen unos dušičnih gnojiva te je tgnjivaZorić i sur. (2022) utvrdili su da su površine pod ratarskim usjevima u Republici Hrvatskoj najčešće održavane u uvjetima niskih ulaganja te stoga imaju problem niske opskrbljenosti dušikom.

Kearsey i Farquhar (1998) ističu da genetička varijabilnost kvantitativnih svojstava u biljkama često uključuje veći broj lokusa s malim učincima i manji broj lokusa s umjerenim do velikim učincima. Međutim, zbog ograničenja u metodama QTL analize manji učinci često ostaju neotkriveni što dovodi do podcjenjivanja stvarnog broja lokusa koji sudjeluju u genetskoj kontroli fenotipske varijabilnosti.

Duvick i Kassman (1999) ukazuju da nedostatak genetičke raznolikosti može sugerirati da u hibridima kukuruza nema razlike u njihovom odgovoru na dušik. Od ranih 1960-ih do 1990. godine povećana primjena dušičnih gnojiva pratila je povećanje prinosa u *single cross* hibridima.

Kunrath i sur. (2020) primijenili su alometrijski pristup kako bi istražili dinamičke veze između rasta usjeva, transpiracije i apsorpcije dušika u kukuruzu (*Zea mays* L.) i sirku (*Sorghum bicolor* L.), koristeći podatke iz eksperimenata provedenih u Francuskoj, Novom Zelandu i Sjedinjenim Američkim Državama. Njihova analiza ukazala je na dva ključna učinka suše na razvoj usjeva: izravni učinak, koji se očituje u smanjenju rasta usjeva uslijed ograničene transpiracije, te neizravni učinak, povezan s manjkom dušika u biljkama, mjeren putem dušičnog nutritivnog indeksa (NNI). Navedeni indeks predstavlja omjer između stvarne koncentracije dušika u biljci i minimalne koncentracije potrebne za optimalni rast

biomase. Tijekom suše, kod kukuruza su zabilježeni niži NNI i smanjena učinkovitost transpiracije u usporedbi s usjevima koji su imali dovoljno vode. Za razumijevanje ovih interakcija ključno je uzeti u obzir kako dostupnost jednog resursa utječe na dostupnost drugoga. Omjer usvojenog dušika po jedinici transpirirane vode važan je pokazatelj za procjenu kombiniranog utjecaja vode i dušika na učinkovitost korištenja vode, izraženu kao biomasa po jedinici evapotranspiracije. Alometrijska povezanost između biomase i vode, biomase i dušika te dušika i vode pokazala je da nedostatak vode izravno ograničava rast usjeva, dok ograničenje vode u tlu neizravno smanjuje dostupnost dušika, njegovo usvajanje i nutritivni status biljaka.

Han i sur. (2015) identificirali su QTL-ove povezane s učinkovitošću korištenja dušika u biljkama. Broj otkrivenih QTL-ova u njihovom istraživanju ovisio je o više činitelja uključujući veličinu i tip korištene populacije za mapiranje, ciljano svojstvo, broj i raznolikost okoline uvjeta u kojima je provedeno fenotipiziranje te gustoću genetskih markera korištenih za prekrivanje genoma. Dosadašnja istraživanja pokazuju da se QTL-ovi obično dijele u dvije funkcionalne skupine. Prva skupina obuhvaća one s velikim učincima (*major QTL*) gdje pojedina regija genoma može objašnjavati znatan dio ukupne fenotipske varijabilnosti. Ovakvi QTL-ovi najčešće se povezuju uz visoko nasljedna svojstva i mogu se proučavati putem segregacijskih analiza. Drugu, znatno brojniju skupinu čine QTL-ovi koji predstavljaju složenu genetsku osnovu kvantitativnih svojstava uključujući velik broj regija s malim individualnim učincima. Identifikacija i funkcionalna validacija takvih QTL-ova predstavlja znatan izazov jer se pojedinačne regije teško odvajaju od pozadinske genetske i okolišne varijabilnosti. Ukupno gledano, ova istraživanja ukazuju da efikasnost korištenja dušika ima poligensku kontrolu i da je rijetko moguće pojedinačnim QTL-om objasniti veći dio varijance istraživanih svojstava.

Prema Liu i sur. (2023) iako je heterozis poboljšao produktivnost kukuruza, genetska osnova heterozisa za učinkovitost iskorištavanja dušika (NUE) nije dovoljno istražena. U njihovom istraživanju identificirano je ukupno 138 QTL-ova, a posebno se ističe QTL na kromosomu 5 koji objašnjava 27% genetske varijacije svih svojstava s genom Gln1-3 koji je identificiran kao kandidatni gen za ovaj QTL. Genomska predikcija svojstva NUE u populacijama nakon test križanja pokazala je točnost od 14% do 51% što pruža mogućnosti za genetsko poboljšanje NUE u kukuruзу.

Gallais i Hirel (2004) u svom istraživanju navode da je NUE kod kukuruza provedeno na rekombinantnim inbred linijama u uvjetima niskog (N⁻) i visokog (N⁺) unosa dušika. Analizirani su prinos zrna, sadržaj bjelančevina, usvajanje i remobilizacija dušika te aktivnosti enzima povezanih s metabolizmom dušika. Rezultati su pokazali značajnu interakciju između genotipa i razine dušika za prinos zrna s brojem zrna kao ključnim čimbenikom. U uvjetima niskog N viša učinkovitost usvajanja i viša aktivnost glutamin sintetaze (GS) u vegetativnoj fazi pozitivno su utjecali na prinos, dok je starenje listova imalo negativan utjecaj. Uočeno je da se nakon cvatnje usvajanje dušika i remobilizacija kreću u suprotnim smjerovima. Identificirani su brojni QTL-ovi koji se razlikuju između N⁺ i N⁻ uvjeta. Važno je istaknuti preklapanje QTL-ova za prinos, remobilizaciju dušika i aktivnost GS-a, pri čemu se GS gen na kromosomu 5 izdvaja kao mogući ključni kandidat za regulaciju NUE kod kukuruza.

Moll i sur. (1982) ukazuju da se hibridi sa sličnim NUE značajno razlikuju u usvajanju i učinkovitosti iskorištavanja, tako da je pri niskoj primjeni N učinkovitost iskorištavanja dušika više pridonijelo varijaciji u NUE, dok je pri visokoj primjeni N varijacija u NUE bila gotovo u potpunosti posljedica razlika u učinkovitosti iskorištavanja dušika.

Kamprath i sur. (1982) ukazuju da je genetičko poboljšanje NUE u dvije populacije kukuruza povezano s povećanom učinkovitosti usvajanja dušika pri slabijoj primjeni N i povećanom učinkovitosti iskorištavanja dušika pri obilnijoj gnojidibi N.

Presterl i sur. (2003) utvrdili su da postoji dovoljna varijabilnost za učinkovitost upotrebe dušika u europskim materijalima za uzgoj i da je razvoj kultivara prilagođenih na uvjete niske količine dušika izvediv.

Uspoređivanje hibrida iz različitih razdoblja čest je pristup u razumijevanju kako je selekcija oblikovala ekonomski važna svojstva kao što je prinos kukuruza (Campos i sur. 2006). Međutim, u ranijem istraživanju Smiciklas i Below (1990) dokazali su da se hibridi značajno razlikuju u zahtjevima za gnojidbom dušikom u intenzivnoj proizvodnji.

Tollenaar i sur. (1997) proveli su istraživanje s različitim količinama dušika u gnojidbi te utjecaj gnojidbe na prinos starijih i novijih hibrida kukuruza. Rezultati su pokazali da noviji hibridi imaju viši prinos pri različitim količinama dušika. Prednost u prinosu novijih hibrida

u usporedbi sa starijim pri manjim količinama N primijenjenog u gnojidbi ukazuje da se NUE poboljšao tijekom desetljeća. Iako se ove usporedbe čine grube, mnoga su istraživanja pokazala da kod kukuruza postoji značajna interakcija hibrid x gnojidba N, čak i u elitnoj germplazmi kukuruza, koja je specifična za određene okoline, ali nedovoljna i nedovoljno istražena za preporuke specifičnog hibrida na N gnojidbu (Shepard i sur. 2011).

Ciampitti i Vyn (2012) u svom preglednom radu detaljno analiziraju fiziološke promjene u kukuruza tijekom posljednjih desetljeća, s posebnim naglaskom na promjene u učinkovitosti iskorištenja dušika. Autori navode da je u sušnim godinama odgovor prinosa na dodatak dušika bio smanjen, pri čemu je interakcija genotip $\times$ dušik izostala. To objašnjavaju činjenicom da nedostatak oborina i visoke temperature ograničavaju mobilnost i dostupnost dušika u tlu, čime se smanjuje njegova apsorpcija neovisno o genotipskim razlikama. U takvim uvjetima, svi genotipovi pokazuju sličan odnosno ograničen fiziološki odgovor, što statistički rezultira nesignifikantnom $G \times N$ interakcijom. Osim okolišnih čimbenika, autori ističu da suvremeni hibridi kukuruza karakterizirani povećanom fotosintetskom aktivnošću i poboljšanom raspodjelom asimilata, postižu visoke prinose i pri nižim razinama dušika, što dodatno umanjuje genetsku diferencijaciju u odgovoru na gnojidbu. Stoga se naglašava potreba za integracijom agroekoloških uvjeta u interpretaciju interakcijskih učinaka u pokusima s varijabilnim unosom hranjiva.

Han i sur. (2015) navode kako su mnogi istraživači provodili procjenu različite germplazme za NUE, ali tek od nedavno postoje linije ili hibridi s tim ciljem. Kukuruz je jedna od najbolje istraženih poljoprivrednih kultura, a mnoga od tih istraživanja bila su usmjerena na povećanje prinosa i genetička dobit NUE, odnosno temeljena na pokusima kojima su ispitivani različiti setovi hibrida i genotipova pod višom i nižom količinom primjene dušika u gnojidbi, pri čemu se posebno ističu dugoročni pokusi u Illinoisu koji traje već 100 godina u kojemu je pokazano kako provedba genetski divergentne selekcije s ciljem dobivanja visokoproteinskih i visokoprinosnih hibrida ima značajan utjecaj na iskorištavanje N (Uribe-larrea i sur., 2007).

Abubakar i sur. (2019) utvrdili su da dobar učinak hibrida kukuruza otpornih na sušu pod niskim količinama dušika može sugerirati da kultivari razvijene za otpornost na sušu mogu biti tolerantne na stres uzrokovan niskim količinama dušika.

Castaldelli i sur. (2019) navode da može doći do gubitka dušika procesom dentrifikacije posebno u tlima fine teksture, posebno ako nakon gnojidbe dođe do uvjeta gdje je tlo natopljeno vodom.

Uzoh i sur. (2019) navode da intenzivna proizvodnja kukuruza zahtjeva mnogo gnojiva koja su skupa i nedostupna posebno u zemljama s niskim do srednjim prihodima uzrokujući ekološke i zdravstvene izazove, a prema Guo i sur. (2019) dušik je najograničavajući čimbenik u većini kultura.

Trenutačno je vrlo malo oplemenjivačkih programa usmjereno na razvoj tolerantnosti na nisku razinu dušika kod kukuruza (Das i sur. 2019).

Prema Ciampitti i Lemaire (2022) suvremeni pristupi oplemenjivanju kukuruza sve se više usmjeravaju na povećanje učinkovitosti korištenja dušika čime se nastoji postići visoka produktivnost uz smanjen unos mineralnih gnojiva. Povijesno gledano, genetski napredak u kukuruзу temeljen je na povećanju prinosa u uvjetima obilne gnojidbe, bez proporcionalnog povećanja sposobnosti usvajanja dušika iz tla. Komparativna analiza starih i novih hibrida pokazuje da noviji genotipovi ostvaruju veći prinos, no to je uglavnom rezultat povećane ukupne biomase, a ne poboljšane fiziološke učinkovitosti u asimilaciji dušika. Stoga autori predlažu zamjenu tradicionalnog pristupa poboljšanja NUE novim konceptom – efektivnog korištenja dušika, koji uključuje sposobnost biljke da održava visoki indeks dušične ishranjenosti (eng. *nitrogen nutrition index*, NNI) čak i pri niskim razinama raspoloživog dušika. Takav pristup podrazumijeva oplemenjivanje usmjereno na razvoj genotipova s učinkovitim korijenovim sustavom, boljom iskorištenošću endogenih izvora dušika te većom otpornošću na stres uzrokovan niskom gnojidbom. Osim što pridonosi većoj agronomskoj učinkovitosti, selekcija na efektivno korištenje dušika značajno smanjuje rizik od onečišćenja okoliša, osobito kroz smanjenje ispiranja nitrata i emisije dušikovih oksida, time oplemenjivanje prelazi iz domene intenzivne poljoprivrede u održive agroekološke sustave.

Asibi i sur. (2019) u svome radu predstavili su strategije za poboljšanje NUE kod kukuruza gdje ističu da unatoč napretku u prinosima od 1930-ih, globalna učinkovitost iskorištavanja dušika ostaje niska (35–55%), što povećava rizik od prekomjerne gnojidbe i onečišćenja okoliša. Poboljšanje NUE zahtijeva bolje razumijevanje apsorpcije, asimilacije i

mobilizacije dušika u biljci, osobito u odnosu na fenološke faze razvoja kukuruza. Strategije za povećanje NUE uključuju preciznu gnojdbu, razvoj hibrida s većim kapacitetom usvajanja i korištenja dušika te usklađivanje opskrbe N s potrebama biljke tijekom vegetacije. Uspjeh ovisi o složenoj interakciji genotipa, okoliša i upravljanja pa se preporučuje integrirani, multidisciplinarni pristup oplemenjivanju, koji uključuje genetiku, agronomiju, fiziologiju i modeliranje. Suradnja između znanstvenih institucija, politike i proizvođača nužna je za razvoj učinkovitijih i održivijih sustava proizvodnje kukuruza.

Istraživanje Szulca i sur. (2023) ispitalo je učinak klasičnih i stabiliziranih dušičnih gnojiva na prinos i fiziološke pokazatelje različitih kultivara kukuruza s fokusom na težinu zrna (TSW) kao ključnu komponentu prinosa. Hibrid ES Metronome pokazao je superiorne rezultate u formiranju zrna bez smanjenja TSW-a, posebice pod utjecajem formulacije UltraGrain stabilo (sporo otpuštajuće gnojivo s N), zahvaljujući učinkovitom usvajanju dušika prije cvatnje i remobilizaciji tijekom punjenja zrna. Nepovoljni vremenski uvjeti tijekom punjenja zrna u dvije od tri godine istraživanja utjecali su na rezultate, dok je niska iskoristivost dušika (<35%) bila posljedica visokog sadržaja mineralnog dušika u tlu. Kombinacija ciljanog odabira hibrida i dušičnog gnojiva, poput uree s inhibitorom ureaze, ključna je za povećanje prinosa i smanjenje ekološkog utjecaja.

1.2. Uloga molekularnih markera u oplemenjivanju kukuruza

Prema Bernardo (1992) istraživanja s izozimima i RFLP (eng. *restriction fragment length polymorphisms*, RFLP) markerima pokazala su niske korelacije između raznolikosti molekularnih markera i prinosa zrna kod jednostrukih križanaca kukuruza, što ograničava njihovu prediktivnu vrijednost. Povezanost heterozigotnosti molekularnih markera s performansama hibrida i kombinacijskom sposobnošću ispitana je kroz genetske modele, pokazujući visoku korelaciju za specifičnu kombinacijsku sposobnost, dok opća kombinacijska sposobnost ovisi o frekvencijama alela. Računalne simulacije ukazuju da su za učinkovito predviđanje performansi hibrida potrebni snažni učinci dominacije, negativno korelirane frekvencije alela, visoka heritabilnost svojstva, uski raspon frekvencija alela, povezanost 30-50% QTL-a s markerima i ograničen udio (20-30%) nasumično raspoređenih markera.

Liu i sur. (2012) proveli su meta-analizu lokusa kvantitativnih za prinos i komponente prinosa u kojoj su identificirali velik broj meta-QTL-ova pri niskoj i normalnoj

opskrbljenosti tala dušikom. Također su određeni položaji na mapi, pouzdanosti intervala i udjeli objašnjene fenotipske varijance. Meta-analiza je potvrdila 22 QTL-a u uvjetima niske opskrbljenosti dušikom s po četiri koncenzusna QTL-a pronađena na kromosomima 1 i 4, po dva na kromosomima 3, 5, 6 i 9, tri je potvrđeno na drugom kromosomu, dok kromosomi 7, 9 i 10 sadrže samo po jedan koncenzusni QTL.

Li i sur. (2015) ispitali su genetsku povezanost između korijenskog sustava (eng. *root system architecture*, RSA) i NUE na populaciji rekombiniranih inbred linija dobivenih iz dviju linija koje se razlikuju za oba svojstva. U uvjetima visokog i niskog unosa dušika, procijenjeno je 10 svojstava povezanih s NUE i 9 svojstava povezanih s RSA u četiri poljska okoline i tri hidroponska eksperimenta. Za razliku od učinkovitosti iskorištavanja dušika (eng. *Nitrogen utilization efficiency*, NutE), učinkovitost upijanja dušika (eng. *nitrogen uptake efficiency*, NupE) pokazala je značajne fenotipske korelacije s RSA, posebice s obilježjima primarnih korijena ($r=0,15-0,31$) i adventivnog korijena ($r=0,15-0,18$). Ukupno je otkriveno 331 QTL, uključujući 184 i 147 QTL-ova za obilježja povezana s NUE i RSA. Ti QTL-ovi svrstani su u 64 različita QTL klastera, pri čemu se ~70% QTL-ova za učinkovitost dušika (NUE, NupE i NutE) podudaralo u klasterima s onima za RSA. Identificiran je pet važnih QTL klastera na kromosomskim regijama bin1.04, 2.04, 3.04, 3.05/3.06 i 6.07/6.08, gdje su QTL-ovi za oba obilježja imali povoljne učinke alela koji potječu od roditelja s većim korijenjem i visokim NupE. Uvođenje ovih QTL klastera u linije razvijene putem poboljšanog povratnog ukrštanja rezultiralo je prosječnim povećanjem prinosa zrna od približno 14,8% u samostalnim linijama te 15,9% u test-križanjima. Ovi nalazi upućuju na snažnu genetsku povezanost između arhitekture korijenskog sustava i učinkovitosti korištenja dušika te ističu ključne genomske regije kao najperspektivnije ciljeve za selekciju temeljenu na markerima usmjerenu selekciju na poboljšanje RSA radi povećanja NUE u kukuruзу.

Stange i sur. (2013) ispitali su potrebu za gustom genotipizacijom u mapiranju QTL-a u biparentalnim populacijama kukuruza, koristeći eksperimentalne podatke i simulacije s genetskim kartama gustoće 1, 2 i 5 cM. Rezultati pokazuju da karte guste genotipizacije ne poboljšavaju snagu detekcije QTL-a niti prediktivnu sposobnost za genotipsku varijancu, ali značajno povećavaju preciznost lokalizacije QTL-a, procjenu njihovih učinaka i razdvajanje blisko povezanih QTL-a. Povećani troškovi guste genotipizacije opravdani su preciznijim parametrima za znanstveno utemeljenu namjenu. Istraživanje sugerira da je

povećanje gustoće markera korisno za napredne uzgojne programe usmjerene na složena svojstva.

Hirel i Lea (2018) navode da se usvajanje dušika odvija pomoću specifičnih transportera smještenih u staničnoj membrani korijena koji mogu imati niski i visoki afinitet prema anionima.

Iako su nitratni transporteri visokog i niskog afiniteta identificirani u korijenu kukuruza, kapacitet usvajanja nitrata biljke preko 40 dana nakon nicanja u korelaciji je jedino s transkriptima ZmNRT2.1 i ZmNRT2.2 koji kodiraju dva transportera visokog afiniteta prema nitratu (Garnett i sur. 2013). Te tako Fan i sur. (2016) predlažu transportere nitrata kao cilj za buduće oplemenjivačke pothvate usmjerene na poboljšanje usvajanja dušika odnosno NUE u kukuruzu i drugim žitaricama

Wani i sur. (2021) navode da napore u oplemenjivanju pomoću markera treba nadopuniti introgresijom gena/QTL-ova povezanih s NUE čime se poboljšava ukupna produktivnost kukuruza na održiv način. Da bi se to postiglo potrebno je mapirati gene i mrežu međudjelujućih gena i proteina. Identificirani geni mogu se koristiti za probir idealnih genotipova kukuruza u smislu bolje fiziološke funkcionalnosti s visokom NUE. Buduće uređivanje genoma može pomoći u razvoju linija s povećanom produktivnošću u uvjetima niskog N uz optimalnu agronomsku praksu.

Prema Govindasamy i sur. (2023) u globalnoj poljoprivredi, niska učinkovitost usvajanja primijenjenog dušičnog gnojiva od strane usjeva predstavlja velik izazov zbog negativnog utjecaja na troškove proizvodnje i okoliš. Kako bi se poboljšala NUE kod usjeva, potrebno je u postojeće upravljanje hranivima uključiti suvremene agronomске, oplemenjivačke i biotehnološke strategije. Agronomске prakse poput preciznog određivanja vremena i načina primjene dušika, lokaliziranog upravljanja hranivima, konzervacijske obrade tla, zadržavanja biljnih ostataka na površini i uzgoja usjeva visoke biomase mogu poboljšati NUE u različitim tipovima tala i klimatskim uvjetima. NUE je višekomponentno svojstvo koje uključuje fiziološku, biokemijsku i molekularnu regulaciju. Stoga, identifikacija gena koji odgovaraju na prisutnost dušika ima velik potencijal za poboljšanje NUE kod biljaka. Kako bi se stvorili genotipovi s visokom učinkovitosti korištenja dušika, kombinacija genomske selekcije i ubrzanih tehnika oplemenjivanja (eng. *speed breeding*) predstavlja perspektivnu strategiju u budućim oplemenjivačkim programima.

1.3. Genomska predikcija

Poboljšanja sposobnosti predviđanja ishoda uzgoja kukuruza kontinuirano su se povećavala tijekom posljednjeg stoljeća i pol, ali su također prošla kroz različite faze koje su bile obilježene tehničkim, statističkim i metodološkim napretkom (Ramstein i sur., 2018).

Korištenje markerima potpomognute selekcije, kao indirektan selekcijski proces, uvelike je pridonijelo značajnim uspjesima u oplemenjivanju žitarica na otpornost na bolesti kao su pšenica (McCallum i sur., 2024), riža (Latif i sur., 2025), kukuruz (Sobiech i sur., 2022), te nutritivnu vrijednost (Nakamura i sur., 2015; Chandran i sur., 2019).

Najveću učinkovitos MAS je vidljiva u istraživanjima u koje su uključeni major geni koji se povratnim križanjima unose u već postojeću elitnu germplazmu no postoje određena ograničenja njohve upotrebe u poboljšanju poligenskih svojstava koja kontrolira nekoliko stotina minor gena (Bernardo, 2008) na kojima se temelji većina osobina povezanih s tolerancijom na stres i prinos.

Strategija predviđanja učinaka na razini cijelog genoma kako bi se dobile točne oplemenjivačke vrijednosti jedinke omogućila je ubrzanje genetske dobiti po uzgojnom ciklusu (Heffner i sur., 2009). Prema Yuan i sur. (2019) genomska selekcija široko se koristi u oplemenjivanju kukuruza, na prinosu zrna i drugim svojstvima, a Beyene i sur. (2019) navode da brzim napretkom tehnologije genotipizacije i statističkih modela, genomsko predviđanje uzgojne vrijednosti uspješno je primijenjeno kod kukuruza za važna agronomska kvantitativna svojstva.

Uključivanje genomskih predikcija značajno ubrzava napredak u oplemenjivanju hibrida kukuruza, ali oplemenjivači moraju rješavati pitanja neaditivnih učinaka gena te interakciju genotipa i okoline. Istraživanje Ferrão i sur. (2020) je ukazalo da dodavanje učinaka dominacije povećava prediktivnu sposobnost, posebice za prinos zrna s povećanjem i do 30% u nekim slučajevima u usporedbi s aditivnim modelima. Modeli koji uključuju dominaciju imaju bolju usklađenost dok različita svojstva poput prinosa i vlažnosti zrna zahtijevaju prilagođene pristupe. Za $G \times E$ modeliranje s više okolina (eng. *Multienvironment*) koja kombinira specifične i zajedničke učinke okruženja pokazuje najbolje performanse u predviđanju performansi genotipa u novim okruženjima, posebice kod atipičnih uvjeta. Predložene smjernice uključuju korištenje aditivnih i dominantnih učinaka, $G \times E$ modela i SNP podataka za odabir najboljih genotipova, uz daljnja istraživanja dominacije i okolišnih kovarijabli.

Postoji mnogo statističkih varijacija na modele genomskog predviđanja, najčešće su genomska najbolja linearna nepristrana predviđanja (eng. *genomic best linear unbiased prediction*, GBLUP), hrbatna regresija ili Bayesove metode (Gianola i sur., 2009; Wang i sur., 2018; Whittaker i sur., 2000).

Meuwissen i sur. (2001.) u svom radu prvi su puta predložili koncept genomska selekcija (GS), tada je predstavljao naprednu genetsku metodu koja se razlikuje od tradicionalnih pristupa selekcije. Genomska selekcija koristi cijeli skup genskih markera diljem genoma kako bi predvidio fenotipske vrijednosti na temelju najboljih linearnih nepristranih prediktora (eng. *Best Linear Unbiased Prediction*, BLUP). Ova genomska metoda omogućuje precizniju procjenu genetskog potencijala bez potrebe za skupim i dugotrajnim fenotipskim mjerenjima u svakoj generaciji. Matematički se izražava kao:

$$y = \mu 1_n + X_i g_i + e$$

gdje μ označava ukupni prosjek (srednju vrijednost) za određeno svojstvo unutar populacije, 1_n je vektor koji predstavlja broj markera ili jedinice za normalizaciju, X_i je matrica dizajna markera koja opisuje prisutnost specifičnih alela kod svakog genotipa, g_i su slučajni genetski učinci markera, koji odražavaju doprinos svakog markera na ukupnu genetsku varijaciju, e predstavlja rezidualnu grešku, odnosno neobjašnjeni dio varijacije koji može proizaći iz okolišnih utjecaja, genetskih interakcija ili mjernih pogrešaka.

Kalibracijska ili trenažna populacija (eng. *training population*) koja sadrži genotipske i fenotipske podatke iz željene uzgojne populacije koristi se za stvaranje modela genotipskih učinaka i procjenu vrijednosti oplemenjivačke vrijednosti pojedinca (Jannink i sur., 2010).

Točnost genomske predikcije uvelike ovisi o genetskoj srodnosti između kalibracijske populacije i genotipova čija se uzgojna vrijednost predviđa kao i o veličini same kalibracijske populacije (Crossa i sur., 2017). Naime, što je veća genetska povezanost između kalibracijske populacije i ciljane populacije to je model predikcije učinkovitiji.

Genomska predviđanja također često ne uspijevaju napraviti točna predviđanja preko okoline i razotkriti interakcije $G \times E$, koje su često ključne za predviđanje prinosa i drugih ekonomski važnih svojstava (Boer i sur., 2007; Cooper i sur., 2016; Technow i sur., 2015;

Zhao i Xu, 2012).

Snaga određenog obučenog modela također ovisi o nasljednosti odnosno heritabilnosti svojstva, veličini populacije, strukturi populacije i gustoći markera (Liu i sur., 2018).

Mastrodomenico i sur. (2019) istražili su mogućnosti primjene genomske selekcije (GS) u oplemenjivačkim programima, koristeći 522 hibrida kukuruza testiranih pri visokoj i niskoj razini dušika (0 i 252 kg N/ha). Rezultati su ukazali da prediktivna točnost GS modela značajno raste kada su oba roditelja hibrida uključena u kalibracijsku populaciju (T2 scenarij u radu). Sekundarna svojstva kao što su indeks žetve pri niskoj razini dušika i genetska iskoristivost pokazala su veću heritabilnost i jaču povezanost s prinosima u stresnim uvjetima u odnosu na prinos zrna kao primarnu selekcijsku osobinu. Autori naglašavaju da se integracijom genomske selekcije s fenotipiziranjem sekundarnih svojstava može ubrzati oplemenjivački ciklus i povećati učinkovitost selekcije. Istraživanje također podupire korištenje postojećih roditeljskih linija i povijesnih podataka u industrijskoj praksi kao vrijedan izvor informacija za predikciju hibridnih performansi. Ova strategija omogućuje razvoj kukuruza otpornijeg na niske razine dušika, uz manji utrošak resursa te bolju prilagodbu hibrida različitim agroekološkim uvjetima.

1.4. Ciljevi istraživanja i hipoteza

Ciljevi istraživanja:

- a. Utvrditi opće i posebne kombinatorne sposobnosti oplemenjivačkih linija za prinos zrna i NUE križanjem s dva testera, te istražiti fenotipske varijabilnosti između genotipova i tretmana.
- b. Korištenjem podataka guste genotipizacije (56.000 SNP markera) i rezultata pokusa izraditi statističke modele za genomsko predviđanje NUE
- c. Izraditi model za genomsko predviđanje NUE korištenjem SNP podataka i rezultata pokusa te ga usporediti s modelima prikazanim u literaturi.

Hipoteza:

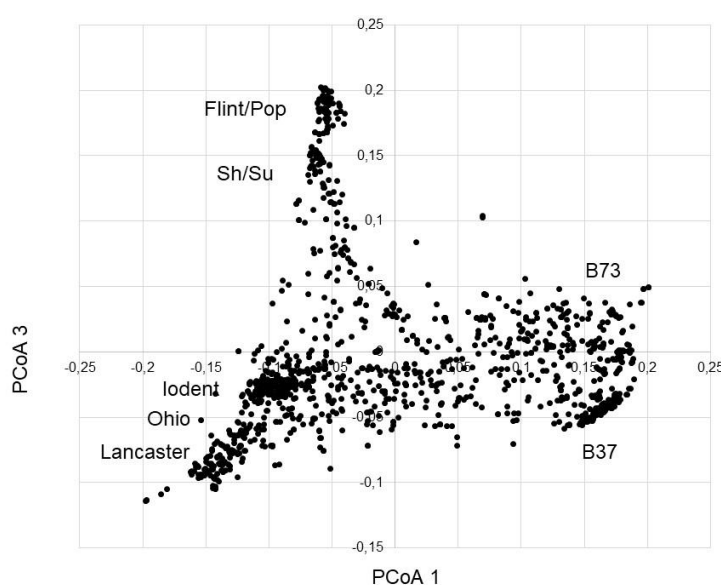
Istraživanje će pokazati značajnu varijabilnost u kombinatornim sposobnostima za NUE između oplemenjivačkih linija kukuruza pri čemu će biti moguće modelirati NUE u križancima oplemenjivačkih linija korištenjem molekularnih markera.

2. MATERIJAL I METODE RADA

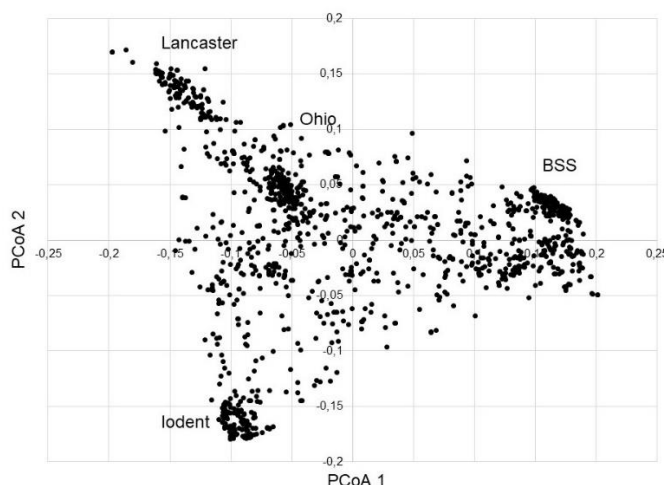
2.1. Linije za proizvodnju potrebnog materijala za sjetvu pokusa

Za potrebe pokusa korišteno je ukupno 150 od 1300 inbred linija kukuruza koja čini dio oplemenjivačke germplazme Poljoprivrednog instituta Osijek. Korištene linije za potrebe pokusa odabrane su na temelju genetičke raznolikosti, heterotičnih skupina i fenotipskih svojstava, poput vremena cvatnje. Heterotične skupine kukuruza predstavljaju ključni alat u oplemenjivanju kukuruza jer omogućuju identifikaciju roditeljskih linija čiji potomci iskazuju snažan heterozis u F₁ generaciji.

Njihova klasifikacija može se temeljiti na kombinacijskoj sposobnosti, fenotipskoj evaluaciji ili molekularnim markerima čime se poboljšava efikasnost razvoja visoko produktivnih hibrida. Genetska varijabilnost je prikazana slikama 1. i 2.. Prikaz istog skupa genotipova pomoću analize glavnih kordinata (eng. *Principal Coordinates Analysis, PCoA*) u ravninama PCoA1×PcoA3 (slika 1) i PCoA1×PcoA2 (slika 2) predstavljaju različite projekcije višedimenzionalnog genetskog prostora. Budući da su PCoA osi međusobno ortogonalne, svaka od njih obuhvaća neovisni dio genetske varijabilnosti. Dok prva os opisuje dominantni obrazac populacijske strukture, druga os otkriva dodatne razine diferencijacije povezane s podrijetlom germplazme.



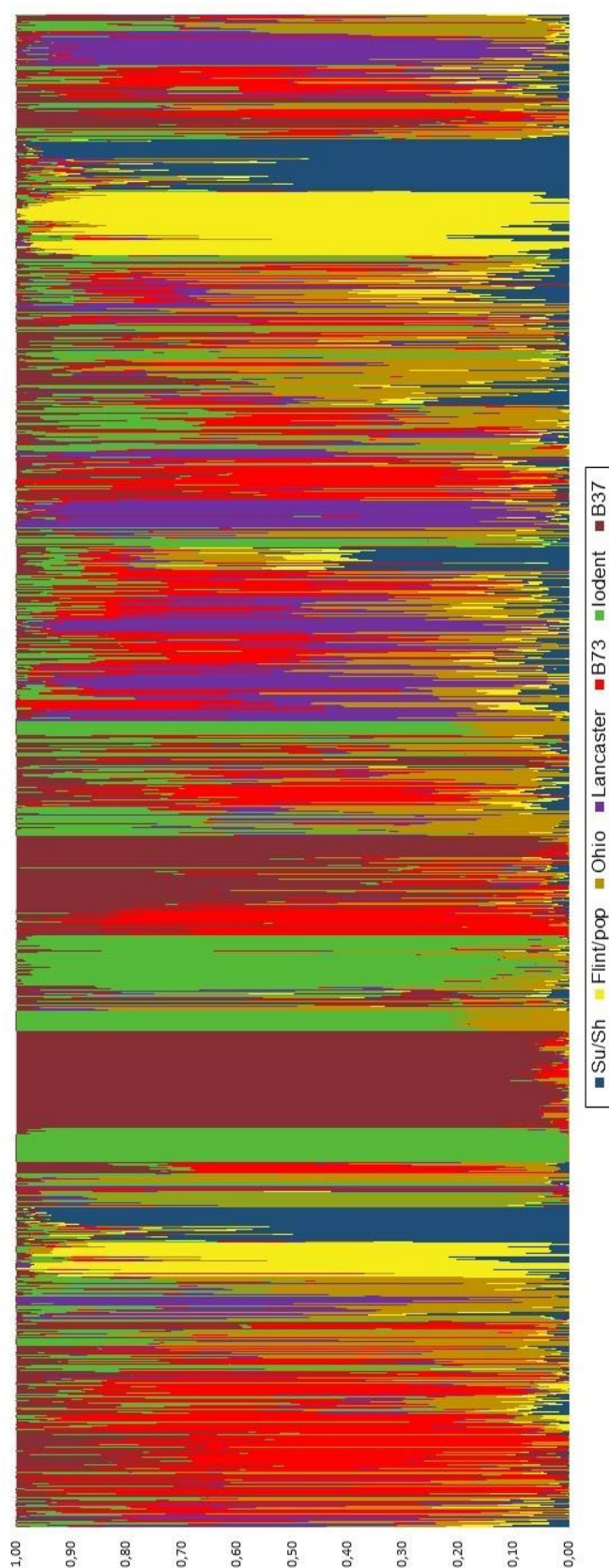
Slika 1. Prikaz genotipiziranih inbred linija PCoA1×PCoA3



Slika 2. Prikaz genotipiziranih inbred linija $PCoA1 \times PCoA2$

Genomska strukturu germplazme kukuruza 1300 inbred linija prikazana je na slici 3 na temelju koje je obavljena genotipizacija inbred linija korištenih u ovom istraživanju. Bojama su označeni tipovi germplazme kukuruza pri čemu plava boja predstavlja tvrduce, žuta boja šećerce, heterotična skupina Lancaster/Oh07 prikazana je ljubičastom bojom, svjetlo smeđa boja predstavlja Oh43, crvena boja predstavlja B73 heterotičnu skupinu, Iodent je prikazan zelenom bojom, a B37 heterotična skupina prikazana je tamno smeđom bojom. Linije koje sadrže samo jednu boju ukazuju da heterotične skupine nisu pomješane. Iodent je najčešće prikazan kao čista skupina jer je nasuprotna ostalim skupinama ili najčešće u kobinaciji s Oh43 koja mu je genetski bliža od ostalih skupina te se ne gubi heterozis. Genotipizacija linija provedena je metodom visokopropusnog sekvenciranja za polimorfizme jednog nukleotida (SNP) prema postupku opisanom u Ganalu i sur. (2011.), čime je prikupljeno oko 56.000 visokokvalitetnih genetskih markera iz ukupne genomske DNA.

Sjeme korišteno u pokusima proizvedeno je križanjem linije Os 399, koja pripada heterotičnoj skupini B37 (podskupina BSSS) i linije Os 7215 iz heterotične skupine Iodent (podskupina non-BSSS) s odabranom kolekcijom germplazme. Ove dvije heterotične skupine su opozitne odnosno genetski divergentne (udaljene) što omogućuje postizanje heterozisa u F_1 generaciji. Linije Os 399 i Os 7215 odabrane su zbog svojih izvrsnih općih kombinatornih sposobnosti (OKS), što ih čini pogodnima za proizvodnju hibrida visokog potencijala prinosa (Jambrović i sur., 2008).



Slika 3. Genomska struktura oplemenjivačke germplazme kukuruza- rezultati Admixture analize na temelju genotipizacije s 50 000 SNP markera

Kolekcija germplazme podijeljena je u dvije skupine: 109 linije iz BSSS skupine križane su s Iodent testerom, dok je 128 linija iz non-BSSS skupine križano s B37 testerom. Odabrane linije pripadaju u više heterotičnih skupina, ali s obzirom na kombinatorne sposobnosti podijeljene su na BSSS i non-BSSS. Pojedine linije su stoga križane s oba testera, dok su linije čistih Iodent ili B37 izvora križane samo s testerom iz suprotne heterotične skupine. Križanja su provedena organiziranjem dva reda testera na svakih šest redova majki. Redovi majki bili su dugi 3 m, s razmakom od 20 cm između biljaka (ukupno 15 biljaka po redu) i razmakom od 1 m između kolona, čime je olakšan pristup tijekom vegetacije, ocjenjivanja i berbe.

Kako bi se spriječila samooplodnja metlice na majkama uklanjane su prije polinacije pri čemu se vodilo računa da se smanje i/ili izbjegnu oštećenja biljaka koja bi mogla smanjiti prinos sjemena. Zbog različitog vremena cvatnje linija, uklanjanje metlica obavljeno je u više navrata. Testeri su sijani u dva roka kako bi se produžilo razdoblje polinacije: prvi red testera posijan je zajedno s majkama 20. travnja 2022., dok je drugi red posijan 2. svibnja 2022., kada je klica prvog reda testera dosegla 4 – 5 cm. Na majkama je prema potrebi provedeno zarezivanje klipića, kako bi se potaknuo izlazak svile zbog usklađivanja vremena cvatnje između majki i testera. Berba sjemena obavljena je ručno 10. listopada 2022., pri čemu su križanci pojedinačno pakirani u papirnate vreće s naznačenim brojem reda kako ne bi došlo do miješanja materijala, a zatim je zrno prebačeno u jutene vreće. Nakon berbe klipovi su sušeni na 40 °C da ne bi došlo do smanjene klijavosti. Klipovi su zatim pregledani uz odvajanje atipični klipova, ocijenjeni su za prisutnost bolesti, okrunjeni i izvagani. Količina sjemena po parceli varirala je od 250 do 1200 grama te je korišteno za poljske pokuse sa različitim tretmanima dušika.

2.2. Poljski pokus

Pokusi su provedeni tijekom tri godine (2023. -2025.) na površinama Poljoprivrednog instituta Osijek s ozimom pšenicom kao predkulturom, agrotehničke mjere bile su identične sve tri godine.

Poljski pokus postavljen je prema nepotpunom proširenom dizajnu (engl. *incomplete augmented design*), prema Hallaueru i sur. (2010.). Polje je podijeljeno na blokove (slika 4) unutar kojih su se nalazili ponavljajući standardi (komercijalni hibridi Poljoprivrednog

Materijal i metode rada instituta Osijek i stranih sjemenskih kuća) dok su između njih bile pokusne parcele. Pokus je uključivao tri tretmana dušikom i to: (1) N0 – bez dušične gnojidbe u sezoni (0 kg N/ha); (2) N69 – niska opskrba dušikom, samo predstjevena gnojidba s 69 kg N/ha; (3) NFull – dovoljna opskrba dušikom, prema Dušičnoj direktivi i uobičajenoj agrotehničkoj praksi za intenzivan uzgoj kukuruza, s ukupno 134 kg N/ha (NPK 0-20-30 predstjeveno, UREA s 46% N i prihrana s KAN-om s 27% N).

Tretman	Pokusne parcele										
Nfull	Z	1200	1199	...	1156	1155	1154	1153	1152	1151	Z
	Z	1101	1102	1103	1104	1105	1106	...	1149	1150	Z
	Z	1100	1099	...	1056	1055	1054	1053	1052	1051	Z
	Z	1001	1002	1003	1004	1005	1006	...	1049	1050	Z
	Z	1000	999	...	956	955	954	953	952	951	Z
	Z	901	902	903	904	905	906	...	949	950	Z
	Z	900	899	...	856	855	854	853	852	851	Z
	Z	801	802	803	804	805	806	...	849	850	Z
	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	
N69	Z	800	799	...	756	755	754	753	752	751	Z
	Z	701	702	703	704	705	706	...	749	750	Z
	Z	700	699	...	656	655	654	653	652	651	Z
	Z	601	602	603	604	605	606	...	649	650	Z
	Z	600	599	...	556	555	554	553	552	551	Z
	Z	501	502	503	504	505	506	...	549	550	Z
	Z	500	499	...	456	455	454	453	452	451	Z
	Z	401	402	403	404	405	406	...	449	450	Z
	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	
N0	Z	400	399	...	356	355	354	353	352	351	Z
	Z	301	302	303	304	305	306	...	349	350	Z
	Z	300	299	...	256	255	254	253	252	251	Z
	Z	201	202	203	204	205	206	...	249	250	Z
	Z	200	199	...	156	155	154	153	152	151	Z
	Z	101	102	103	104	105	106	...	149	150	Z
	Z	100	99	...	56	55	54	53	52	51	Z
	Z	1	2	3	4	5	6	...	49	50	Z

Slika 4. Shema primjenjenog eksperimentalnog dizajna

Gnojidba je obavljena prije oranja dodavanjem PK gnojiva u formulaciji 20:30 u količinama koje su preporučene nakon što je obavljena analize tla, nakon gnaojidbe obavljena je agrotehnička mjera oranja. Zatvaranje zimske brazde obavljeno je u veljači kada su to uvjeti dopuštali. Nakon zatvaranja zimske brazde označeno je područje za izostavljanje dušične gnojidbe u tretmanu N0. Na području s tretmanima N69 i NFull dodana je UREA u količini od 150 kg/ha što je iznosilo ukupno 69 kg N/ha. Za tretman NFull naknadno je obavljena prihrana s KAN-om u količini od 240 kg/ha u fazi razvoja 6-8 listova što iznosilo 64,8 kg N/ha što je ukupno s osnovnom gnojidbom iznosilo 133,8 kg N/ha. Svaki tretman bio je smješten u blok s 400 parcela veličine 7 m², sa zaštitnim pojasom od 6 m na kraju bloka označeno zelenom bojom i dva reda sa svake strane označeno žutom

Materijal i metode rada
bojom (slika 4) kako bi se spriječilo preklapanje tretmana. Sjetva je obavljena specijalnom sijačicom prilagođenom za sjetvu pokusa manjih parcela marke Gaspardo na dubini od 5 cm. Sjetva je obavljena kada je temperatura tla na dubini sjetve bila 8-10 °C.



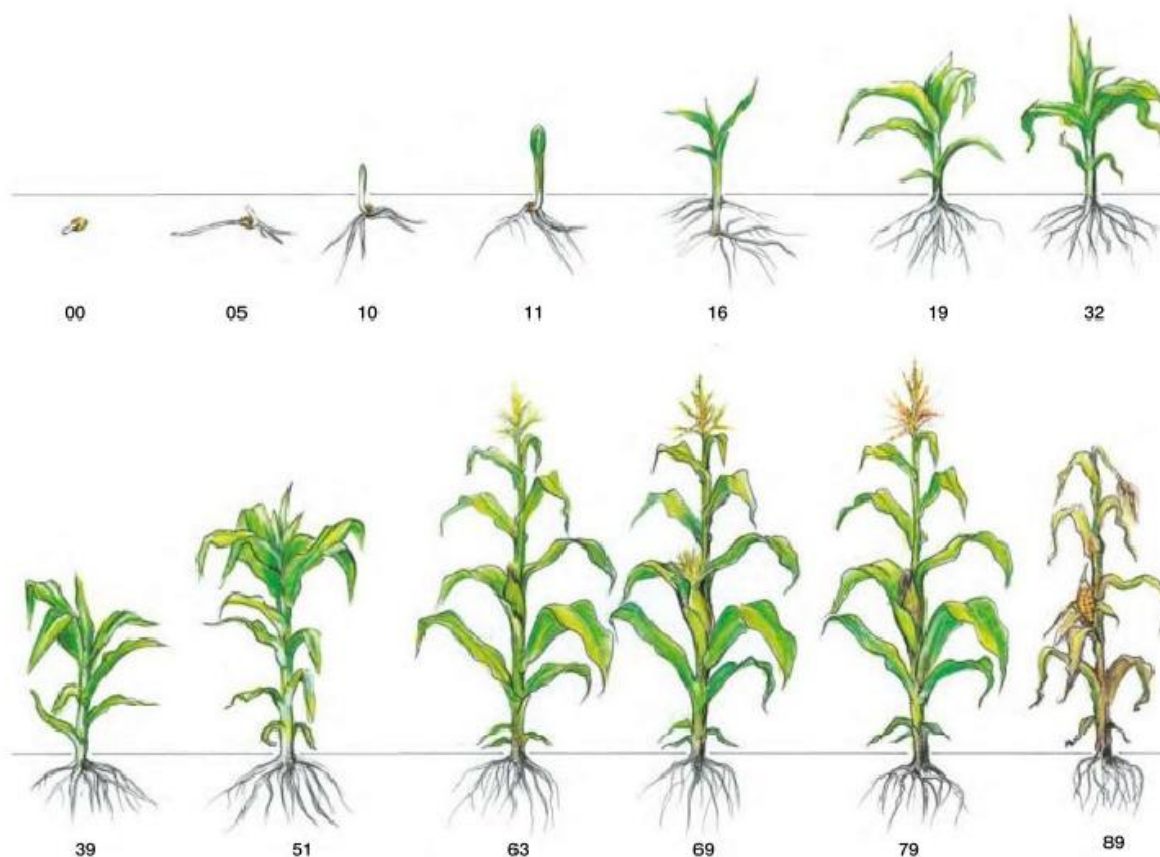
Slika 5. Sjetva pokusa na Poljoprivrednom institutu Osijek sa sijačicom Gaspardo (foto: Miroslav Salaić).

U prvoj godini pokusa sjetva je obavljena 24.04.2023., u drugoj godini sjetva je obavljena 20.04.2024., a u trećoj godini sjetva je obavljena 08.04.2025. Zaštita od korova provedena je nakon sjetve, prije nicanja usjeva, traktorskom prskalicom s herbicidom Adengo u dozi 0,44 l/ha. Najznačajniji korovi u usjevu bili su: Poljski osjak (*lat. Cirsium Arvense*), Kiselčasti dvornik (*lat. Polygonum Lapathifolium L.*), Bijeli kužnjak (*lat. Datura Stramonium L.*) i Teofrastov mračnjak (*lat. Abutilon Theophrasti*). Agrotehnička mjera kultiviranja usjeva obavljena je u fazi 6-8 listova kukuruza kada je istovremeno obavljena i agrotehnička mjera prihrane usjeva.

Berba je obavljena strojno s kombajnom Wintersteiger, prilagođeni kombajn za pokuse koji mjeri masu i vlagu zrna svake parcele.

2.3. Fenotipizacija germplazme kukuruza

Tijekom vegetacijske sezone, križanci su ocijenjeni za svojstvo ujednačenosti nicanja u fazi (BBCH 9–13) s ocjenama 1-5 (slika 6). Ocjenom jedan (1) označavala je ujednačenost manju od 20 %, ocjena dva (2) ujednačenost 20 - 40 %, ocjena tri (3) ujednačenost 40 – 60 %, ocjena četiri (4) ujednačenost 60 – 80 %, a ocjena pet (5) je označavala ujednačenost veću od 80 %.



Slika 6. BBCH skala kukuruza (preuzeto sa: https://pdf.helion.pl/e_1www/e_1www.pdf)

U fazi ranog rasta (BBCH 30–39) ocijenjena je kondicija usjeva s ocjenama jedan (1) za lošu kondiciju usjeva, tri (3) za dobru kondiciju usjeva i pet (5) za izvrsnu kondiciju usjeva. Za svilanje i pojavu antera (BBCH 60-67) upisan je datum kada je 50 % biljaka na parceli bilo u navedenoj fazi. Prinos zrna izmjeren je pomoću pokusnog kombajna opremljenog uređajem HarvestMaster HM800 za precizno vaganje (točnost ± 10 g). Uređaj uključuje element za procjenu testne mase i sustav s tri komore za izračun ukupne mase požete parcele. Svaka komora opremljena je vagom, a kalibracija se temeljila na testnoj masi kako bi se osigurala visoka točnost. Posljednja komora sadržava je elektromagnetski senzor za mjerenje vlage, koji je bio kalibriran sukladno temperaturi požetog materijala. Prinos zrna izračunat je na standardnu vlagu od 14 %.

2.4. Statistička obrada podataka i izrada modela

Veća količina podataka o biljkama može doprinijeti dubljem razumijevanju mehanizama koji utječu na formiranje prinosa, ključnog pokazatelja učinkovitosti korištenja dušika (NUE), pod uvjetom da je pokus metodološki ispravno postavljen te da su podaci prikupljeni, obrađeni, analizirani i interpretirani na standardiziran i znanstveno utemeljen način. Statistička obrada podataka provedena je s ciljem procjene kombinacijske sposobnosti roditeljskih linija, genetske varijabilnosti, heritabilnosti te točnosti genomske predikcije za tri kvantitativna svojstva kukuruza: prinos zrna ($t\ ha^{-1}$), vlagu zrna (%) i hektolitarsku masu ($kg\ hl^{-1}$). Cjelokupna statistička i genomska analiza provedena je u programskom jeziku R (verzija 4.3.2). Za analizu mješovitih modela, procjenu varijanskih komponenti i kombinacijskih sposobnosti korišteni su paketi *sommer* (Covarrubias-Pazaran, 2016) i *lme4* (Bates i sur., 2015), dok su za genomsku predikciju primijenjeni paketi *rrBLUP* (Endelman, 2011) i *sommer*. Vizualizacija rezultata provedena je korištenjem paketa *ggplot2*, a obrada i organizacija podataka pomoću paketa *dplyr*. Fenotipski podaci korišteni u istraživanju sadržavali su ukupno 237 genotipova kukuruza s pripadajućim mjerenjima za navedena svojstva. Genotipski podaci u HapMap i PLINK formatima konvertirani u BED/BIM/FAM formate kako bi se omogućila konstrukcija genomske relacijske matrice (G-matrix). Navedeni formati omogućuju učinkovitu pohranu i računalno optimiziranu analizu velikog broja SNP markera, što je preduvjet za provedbu genomske predikcije temeljene na visokoj gustoći molekularnih podataka. Prije modeliranja provedena je procjena distribucije fenotipskih svojstava, pri čemu je izračunat koeficijent zakrivljenosti (eng. *skewness*) radi provjere odstupanja od normalnosti. S obzirom na to da su svojstva vlage i hektolitarske mase pokazala bimodalnu distribuciju, ispitane su različite transformacije podataka s ciljem stabilizacije varijance i postizanja normalnosti. Primijenjene transformacije uključivale su logaritamsku, kvadratni korijen (*sqrt*), Box-Cox, Yeo-Johnson, kvantilnu normalizaciju (*qnorm*) i rank transformaciju prema Conover i Iman (1981). Koeficijent skošenosti korišten je kao deskriptivni pokazatelj oblika distribucije i preliminarna procjena odstupanja od simetrije. Nakon usporedbe vrijednosti skošenosti, rank transformacija pokazala se najučinkovitijom jer je smanjila odstupanja od normalne distribucije (*skewness* ≈ 0) te su transformirane vrijednosti korištene u nastavku analize. Originalni koeficijent skošenosti za prinos je bio 0,17 te je navedena vrijednost korištena u nastavku analize. Koeficijent skošenosti prije rank transformacije bio je -1,945 za vlagu i -0,830 za hektolitar, primjenom rank transformacije koeficijent skošenosti smanjen je na -0,002 za vlagu i 0,00 za hektolitar. Za procjenu

Materijal i metode rada
kombinacijske sposobnosti roditeljskih linija korišten je model linearnog mješovitog efekta, kojim su istodobno analizirani genetski i okolišni utjecaji te njihove interakcije. Model je opisan izrazom:

$$Y_{ijk} = \mu + OKS_i^{(m)} + OKS_j^{(f)} + SKS_{ij} + E_k + \varepsilon_{ijk}$$

gdje Y_{ijk} označava fenotipsku vrijednost potomstva, μ aritmetičku sredinu populacije, $OKS_i^{(m)}$ i $OKS_j^{(f)}$ učinke opće kombinacijske sposobnosti muških i ženskih roditelja, SKS_{ij} učinak specifične kombinacijske sposobnosti pojedinog križanja, E_k učinak okoliša (godina i ponavljanje), a ε_{ijk} slučajnu pogrešku. Ovim pristupom moguće je razlikovati roditelje s dosljedno povoljnim genetskim doprinosom (visoka OKS) od onih čiji učinak ovisi o specifičnoj kombinaciji s drugim roditeljem (SKS). Procjena parametara provedena je metodom najveće vjerojatnosti (REML) pomoću paketa *sommer* (Covarrubias-Pazaran, 2016), koji omogućuje modeliranje genetske povezanosti između jedinki temeljem njihove genomske srodnosti. Usporedno je korišten i paket *lme4* (Bates et al., 2015), koji primjenjuje algoritme optimizacije (metoda Laplaceove aproksimacije) radi procjene fiksnih i slučajnih efekata. Korištenjem oba paketa omogućena je validacija dobivenih rezultata i usporedba procjena komponenti varijance. Rezultati kombinacijske sposobnosti izraženi su kao BLUP vrijednosti (Best Linear Unbiased Predictions) za OKS i SKS efekte, što omogućuje objektivnu procjenu genetskog potencijala roditeljskih linija. Na temelju BLUP vrijednosti identificirani su roditelji s najvišim pozitivnim OKS efektima, koji su preporučeni za daljnje križanje u programu oplemenjivanja. Procjena heritabilnosti u širem smislu (H^2) provedena je na temelju istih modela, gdje je genotip tretiran kao slučajni efekt. Heritabilnost je izračunata kao omjer genetske varijance i ukupne fenotipske varijance prema izrazu:

$$H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2}$$

gdje σ_g^2 predstavlja genetsku, a σ_e^2 rezidualnu varijancu. Pouzdanost procjena provjerena je metodom bootstrap validacije, a rezultati su prikazani s pripadajućim standardnim pogreškama i intervalima pouzdanosti. Za procjenu genomske predikcije korištena su dva standardna modela: GBLUP (Genomic Best Linear Unbiased Prediction) i rrBLUP (Ridge Regression BLUP), koji se temelje na konceptu genomske relacijske matrice (G-matrix).

G-matrica opisuje srodnost među genotipovima na osnovi SNP podataka i računa se prema izrazu:

$$G = \frac{ZZ'}{2\sum p_i(1-p_i)}$$

gdje je ZZ' matrica centriranih genotipskih vrijednosti, a p_i učestalost alela na i -tom lokusu. Model GBLUP implementiran u paketu *sommer* koristi jedinstvenu G-matricu za predviđanje genetskih vrijednosti prema izrazu $y = X\beta + Zu + \epsilon$ gdje su u slučajni genomske efekti s varijancom $\sigma_g^2 G$, a ϵ rezidualni efekti. Ova metoda pretpostavlja da svi SNP markeri imaju jednak doprinos ukupnoj genetskoj varijabilnosti, što je prikladno za poligena svojstva poput prinosa. Model rrBLUP, implementiran u paketu *rrBLUP* (Endelman, 2011), koristi pristup hrbatne regresije, kojim se smanjuje varijanca procjena SNP učinaka dodavanjem penalizacijskog faktora. Na taj način se stabiliziraju procjene učinaka markera, osobito kada broj SNP-ova premašuje broj opažanja. Model rrBLUP ima izrazitu računalnu učinkovitost i stabilnost pri procjeni genetskih vrijednosti, što ga čini pogodnim za rutinsku primjenu u genomskim programima oplemenjivanja. Točnost modela procijenjena je putem unakrsne validacije u pet ponavljanja (*5-fold cross-validation*), gdje se skup podataka nasumično dijeli na pet dijelova: četiri služe za treniranje modela, a peti za testiranje, pri čemu se postupak ponavlja tako da svaka skupina bude jednom testna. Mjera točnosti predikcije izračunata je kao korelacija između predviđenih i opaženih fenotipskih vrijednosti (r). Uz to su izračunati koeficijent determinacije (R^2) i korijen srednje kvadratne pogreške (RMSE) radi dodatne evaluacije modela. Validacija rezultata provedena je usporedbom performansi modela GBLUP i rrBLUP te analizom reziduala. Distribucije svojstava, komponente varijance i točnost predikcija prikazane su pomoću grafičkih prikaza izrađenih paketom *ggplot2*, dok su korelacijske matrice izrađene pomoću *corrplot* paketa. Tablični prikazi izrađeni su paketom *kableExtra*, a obrada i agregacija podataka provedena je pomoću paketa *dplyr* i *data.table*. Sve analize provedene su u operativnim sustavima Windows 10 i Linux, uz uporabu programskog jezika R i navedenih paketa: *sommer* (Covarrubias-Pazaran, 2016), *lme4* (Bates et al., 2015), *rrBLUP* (Endelman, 2011), *ggplot2*, *kableExtra*, *dplyr* i *data.table*. Ovi alati omogućili su sveobuhvatnu obradu fenotipskih i genotipskih podataka, izradu mješovitih modela i evaluaciju genomske predikcije. Primjena mješovitih modela omogućila je pouzdanu procjenu genetskih parametara, dok su metode GBLUP i rrBLUP dale uvid u potencijal genomske selekcije u populaciji kukuruza. Primjena rank transformacije poboljšala je

Materijal i metode rada

normalnost distribucije i povećala točnost predikcija za bimodalna svojstva, osobito za hektolitarsku masu.

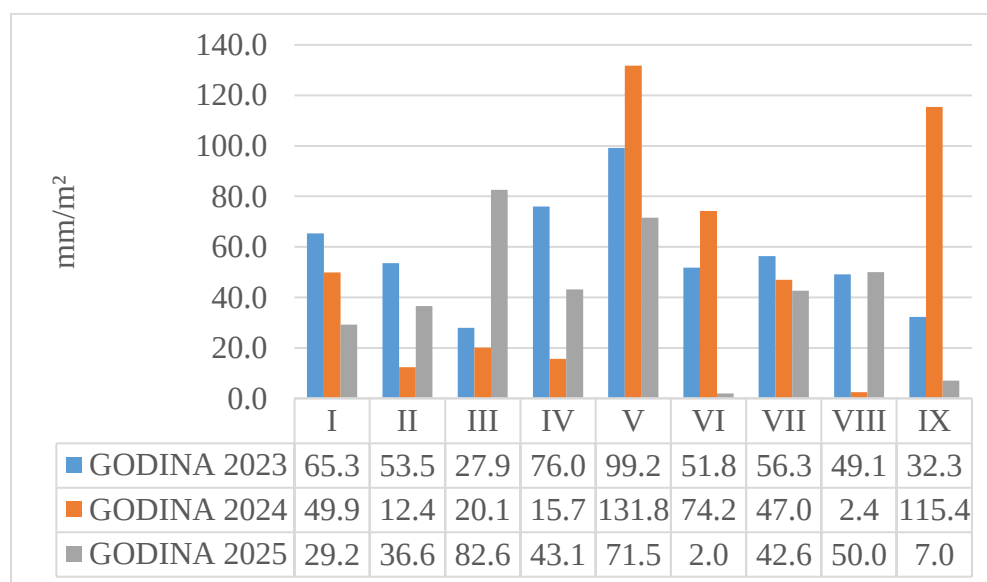
2.5. Agroekološki uvjeti proizvodnje od 2023. - 2025. u Osijeku

Agroklimatološki podaci su preuzeti su sa Državnog hidrometeorološkog zavoda iz meteo stanice Osijek-Klisa putem zahtjeva za dostavu meteoroloških podataka. Klimatski parametri tijekom vegetacijske sezone kukuruza imaju značajan utjecaj na prinose testiranih križanaca. Temperatura zraka značajno utječe na faze klijanja i nicanja te cvatnje i oplodnje. U tablici 1. vidimo da je najniža prosječna temperatura zraka u travnju za vrijeme trajanja pokusa iznosila je 10,9 °C 2023., a najviša prosječna temperatura zraka iznosila je 14,5 °C 2024. godine. Najniža minimalna temperatura zraka u travnju iznosila je 3,1 °C 2025. godine, a najviša minimalna iznosila je 7,3 °C 2024. godine. U svibnju najniža minimalna temperatura bila je 10,8 °C 2025., a najviša minimalna bila je 13,4 °C 2024. Maksimalna temperatura u svibnju kretala se između 22 °C i 22,3 °C. U Lipnju se temperatura kretala između 15 °C 2024. godine koja je ujedno bila i najniža minimalna temperatura do 29,6 °C 2025. godine koja je bila najviša maksimalna temperatura. U srpnju je najniža minimalna temperatura iznosila 17 °C 2025. a najviša maksimalna 30,8 °C. Za kolovoz je izmjerena najniža minimalna temperatura od 17 °C, a najviša temperatura za vrijeme trajanja pokusa bila je 31,8 °C 2024. godine. Ukupna količina oborina te njihova distribucija tijekom kalendarske godine u periodu od 2023. do 2025. imaju važnu ulogu u analizi prinosa pri različitim tretmanima dušika. U grafikonu 1. se uočava da je količina oborina u travnju 2024. godine iznosila samo 15,7 mm, dok je najviša količina oborina u travnju bila 76 mm. U svibnju se količina oborina kretala od 71,5 do 131,8 mm oborina. U lipnju 2025. zabilježeno je samo 2 mm, a najveća količina oborina u lipnju zabilježena je 2024. godine i iznosila je 74,2 mm. U srpnju se količina oborina kretala od 42,6 do 56,3 mm. U Kolovozu je najmanja količina oborina zabilježena 2024. u količini od 2,4 mm, a najveća u 2025. u količini od 50 mm oborina.

Tablica 1. Prikaz temperature zraka u °C po godinama i mjesecima od 2023.-2025.

Izvor: DHMZ meteorološka stanica Osijek-Klisa

Temperatura zraka u °C													
	MJESEC	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2023	prosječna	4,7	3,8	8,8	10,9	17,3	21,3	24,2	23,3	21	15,8	7,8	4,4
	max	9,8	11,6	15,9	16,6	22,2	27,9	28,9	30,2	24,2	23,2	14,4	10,7
	min	0,4	-3,7	3,1	3,5	12,2	17,6	18,7	16,9	15,8	7,4	1,5	-0,8
	I. Dekada	7,4	0	7,7	6,9	16,6	20,4	23,8	21,1	21,2	16,5	11,3	2,1
	II. Dekada	4,9	5,7	7,5	12,2	15,2	20,4	26,4	22,9	22,2	14,5	8,2	4,4
	III. Dekada	2,1	6	10,9	13,7	19,9	23,1	22,4	25,7	19,6	16,3	4	6,4
2024	prosječna	2,3	9,1	10,8	14,5	18,7	23,5	26	26,8	18,6	13	4,8	2,6
	max	10,9	13,3	19,2	21,4	22,3	29,1	30,8	31,8	26,3	19,2	12,1	5,1
	min	-6,4	4,2	4,9	7,3	13,4	14,9	19,8	22,4	10,4	9,4	-0,6	-2,2
	I. Dekada	3,4	8,9	9,8	16,8	17,6	22,8	24,5	24,8	24,2	14,1	6,4	3,9
	II. Dekada	0,5	8,1	9,5	13,7	18,6	22,2	28,8	29,1	14,9	12,3	3,3	3,9
	III. Dekada	2,8	10,3	13	13,1	19,7	25,4	24,7	26,5	16,6	12,5	4,7	0,8
2025	prosječna	2,8	2,1	9,3	14,2	16	23,9	23,7	22,9	19,8	11,8	7	3,5
	max	12,4	9,8	16,1	20,5	22	29,6	29,4	29	23,8	18,6	15,9	8,2
	min	-2,5	-1,7	1,3	3,1	10,8	18,5	16,5	17,1	11,7	6,1	-0,4	-1,8
	I. Dekada	3	1,6	8,2	9,2	16,8	23,8	23,6	23,3	22,4	11,2	9,5	5,0
	II. Dekada	-1	0,5	8,3	16,5	14,3	22,6	23,2	25	19,4	11,1	8,3	3,7
	III. Dekada	6,1	4,6	11,2	16,9	16,8	25,4	24,3	20,8	17,6	13,1	3,3	2,0

**Grafikon 1.** Prikaz ukupne količine oborina u mm/m² po godinama i mjesecima od 2023. -

2025. Izvor: DHMZ meteorološka stanica Osijek-Klisa

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Varijabilnost morfoloških ocjena tijekom vegetacije

Prikazane su prosječne vrijednosti, medijani i modusi za četiri glavne fenološke faze razvoja kukuruza nicanje, rani porast, pojava antere i svilanje (tablica 2.) u trogodišnjem razdoblju (2023. – 2025.) pri tri razine dušične gnojidbe. Vrijeme nicanja bilo je relativno ujednačeno tijekom sva tri vegetacijska razdoblja uz prosječnu ocjenu između 3,69 i 4,95. U 2023. godini prosječne ocjene za nicanje bile su 3,99 (0 N), 3,89 (N69) i 3,69 (NFull) dok su vrijednosti u 2024. bile u rasponu od 4,02 do 4,14. Tijekom 2025. godine uočeno je blago povećanje vrijednosti od 4,88 (0 N) do 4,95 (N69) i 4,93 (NFull). Medijan i mod bili su jednaki (4,0) u svim tretmanima 2023. i 2024. godine dok su 2025. zabilježene nešto više vrijednosti (5,0). Prosječne vrijednosti za fazu ranog porasta bile su također vrlo ujednačene u rasponu od 4,03 do 4,49. U 2023. su prosjeci iznosili 4,13

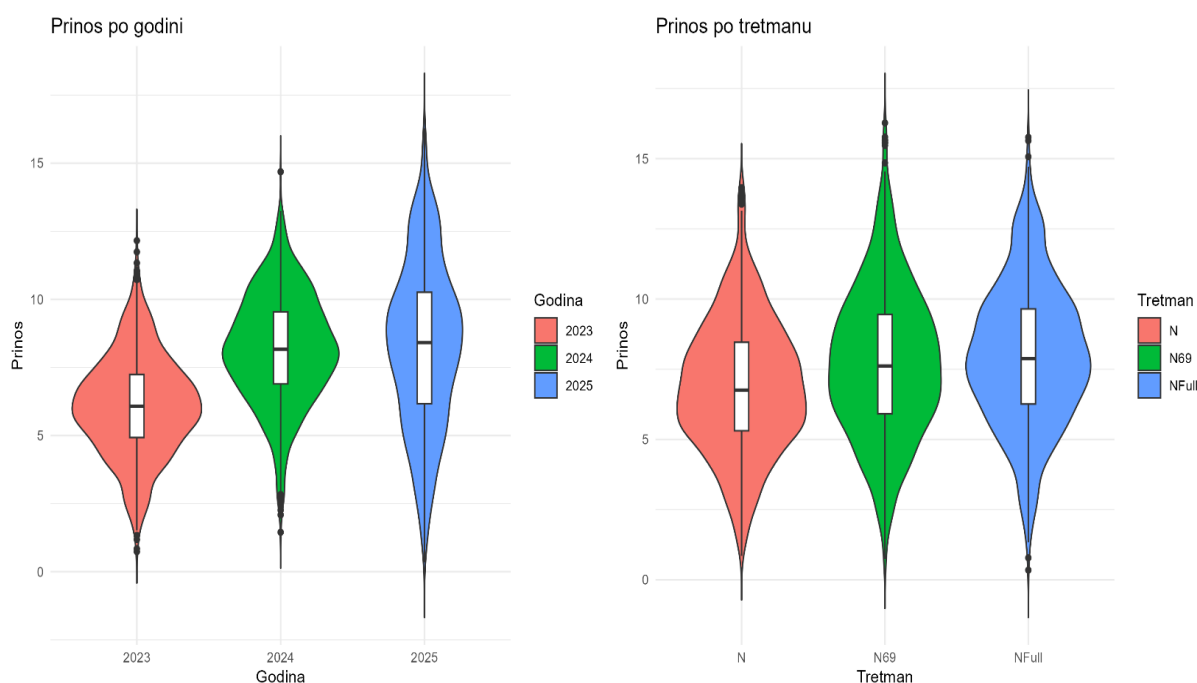
(0 N), 4,04 (N69) i 4,03 (NFull) dok su u 2024. vrijednosti bile nešto više 4,09 – 4,22. Godine 2025. prosjek ranog porasta iznosio je 4,03 u kontroli 4,49 pri srednjoj te 4,46 pri punoj dozi dušika. Medijan i mod ostali su konstantni (4,0) tijekom 2023. i 2024. dok su 2025. dosegli 5,0 u varijantama s višim dozama N. Fenofaza pojave antere pokazala je izraženije razlike između godina. U 2023. godini prosječna pojava antere zabilježena je 9. srpnja (0 N), 10. srpnja (N69) i 10. srpnja (NFull). Tijekom 2024. cvatnja se ranije javila 2. srpnja dok je u 2025. zabilježena još ranije između 28. i 29. lipnja, ovisno o tretmanu. Ovaj pomak ukazuje na ubrzanje razvoja u kasnijim godinama pokusa. Sličan trend vidljiv je i u fenofazi svilanja gdje su 2023. godine zabilježene vrijednosti između 11. i 12. srpnja, u 2024. 4. srpnja, a u 2025. između 30. lipnja i 2. srpnja. U svim godinama i tretmanima razlika između pojave antere i svilanja bila je manja od tri dana što ukazuje na dobru sinkronizaciju muškog i ženskog cvata važnu osobinu za uspješno oplodnju i stabilan prinos. U 2025. se također primjećuje tendencija neznatno ranijeg svilanja u tretmanima s višim dozama dušika (N69 i NFull). Općenito, rezultati ukazuju da su klimatske prilike između godina imale veći utjecaj na dinamiku fenološkog razvoja nego razine dušične gnojidbe. Dušik je imao ograničen, ali pozitivan učinak na sinkronizaciju i ranost cvatnje dok su vegetativne faze (nicanje i rani porast) ostale stabilne bez obzira na količinu primijenjenog dušika.

Tablica 2. Fenotipske ocjene po godinama i tretmanima

Fenološki parametar	2023_N0	2023_N69	2023_NFull	2024_N0	2024_N69	2024_NFull	2025_N0	2025_N69	2025_NFull
Prosjek nicanje	3,99	3,89	3,69	4,02	4,07	4,14	4,88	4,95	4,93
Medijan nicanje	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0
Mod nicanje	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0
Prosjek rani porast	4,13	4,04	4,03	4,22	4,17	4,09	4,03	4,49	4,46
Medijan rani porast	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0
Mod rani porast	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0
Prosjek pojave antere	09.07.2023	10.07.2023	10.07.2023	02.07.2024	02.07.2024	02.07.2024	29.06.2025	28.06.2025	28.06.2025
Medijan pojave antere	09.07.2023	09.07.2023	09.07.2023	01.07.2024	01.07.2024	01.07.2024	28.06.2025	27.06.2025	28.06.2025
Mod pojave antere	09.07.2023	09.07.2023	08.07.2023	01.07.2024	01.07.2024	01.07.2024	27.06.2025	27.06.2025	27.06.2025
Prosjek svilanja	11.07.2023	12.07.2023	12.07.2023	04.07.2024	04.07.2024	04.07.2024	02.07.2025	30.06.2025	01.07.2025
Medijan svilanja	12.07.2023	12.07.2023	11.07.2023	04.07.2024	03.07.2024	03.07.2024	01.07.2025	30.06.2025	30.06.2025
Mod svilanja	12.07.2023	12.07.2023	12.07.2023	01.07.2024	03.07.2024	01.07.2024	01.07.2025	01.07.2025	30.06.2025

3.2. Kombinatorne sposobnosti za prinos zrna

Prosječan prinos zrna u pokusu iznosio je 6,25 t/ha za 2023. godinu, 8,23 t/ha za 2024. godinu i 8,34 t/ha za 2025. godinu. Prosječan prinos po tretmanima iznosio je 6,96 t/ha za N0, 7,79 t/ha za N69 i 8,07 t/ha za Nfull. Grafikon 2. prikazuje violin plot koji učinkovito vizualizira distribuciju prinosa kukuruza u odnosu na dva ključna faktora godinu provedbe pokusa i primijenjeni tretman dušikom. Ovakav način prikaza je odabran jer pruža sveobuhvatnu sliku, kombinirajući statističke mjere poput medijana i interkvartilnog raspona s procjenom gustoće distribucije, čime se efikasno prikazuju širina i oblik raspona prinosa.



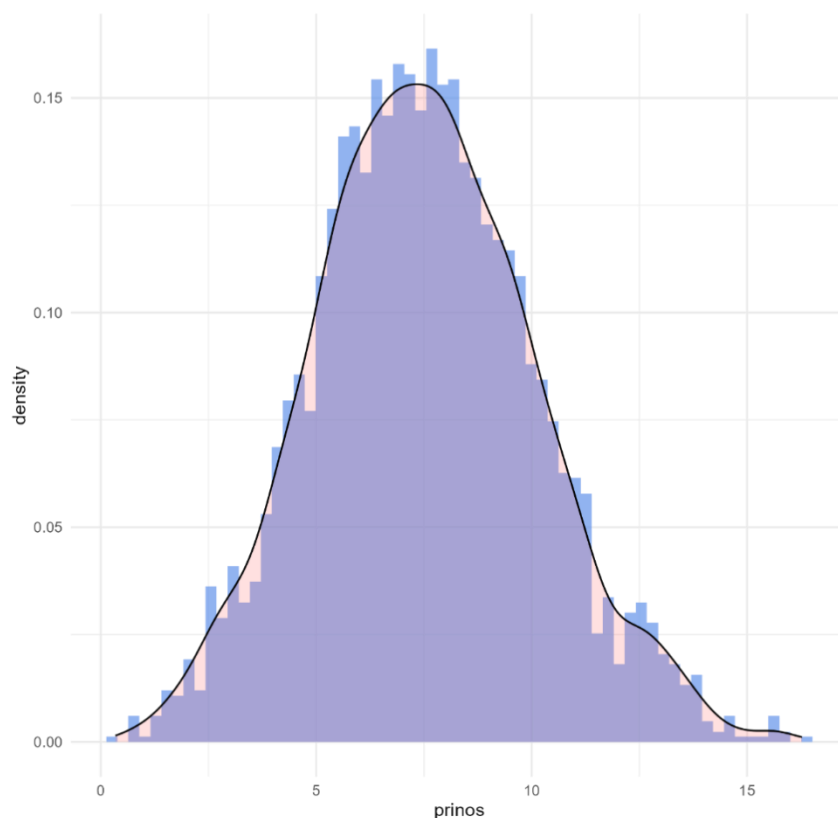
Grafikon 2. Varijabilnost prinosa po tretmanu i godinama

Jasno se uočava odvajanje distribucije prinosa u 2023. godini od ostalih godina. Medijan prinosa u 2023. je bio najniži s približno 6,5 t/ha, a cjelokupna distribucija je relativno uska i koncentrirana. Godine 2024. i 2025. pokazuju znatno viši medijan prinosa, koji se kretao oko 9,5 t/ha, što je porast od približno 3 t/ha u odnosu na 2023. Iako su medijani slični, distribucije se razlikuju po širini koje označavaju gustoću distribucije prinosa. Godina 2025. ima najširu distribuciju s ekstremnim vrijednostima koje dosežu i prelaze 15 t/ha. Godina

2024. ima visoki medijan, ali nešto umjereniju varijabilnost. Desni dijagram prikazuje utjecaj tri razine tretmana dušikom slično kao i kod analize po godinama, postoji jasno odvajanje u prinosu. Tretman N0 rezultirao je najnižim medijanom prinosa od oko 6,5 do 7,0 t/ha. Tretmani N69 i NFull su imali znatno viši medijan prinosa, od približno 9,5 t/ha. Nisu vidljive razlike u medijanu prinosa između tretmana N69 i NFull. Međutim, distribucija tretmana NFull je najšira, slično distribuciji za 2025. godinu, iako tretman NFull daje ekstremne gornje vrijednosti. Tretman N69 daje jednako visok medijan, ali s nešto manjom varijabilnosti.

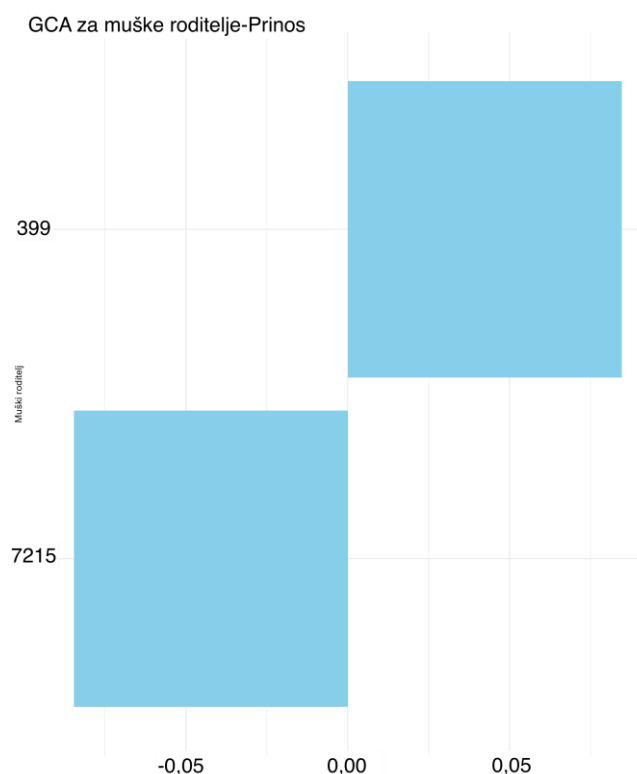
Prikazana je standardna metoda vizualizacije distribucije učestalosti numeričkog skupa podataka (grafikon 3), koja se sastoji od kombinacije histograma i procijenjene funkcije gustoće. Horizontalna os (x) predstavlja prinos s označenim vrijednostima u rasponu od 0 do približno 16 t/ha. Vrijednosti oko 0 na nekim mjestima su iz razloga što je prinos bio nizak da ga kombajn nije mogao precizno izmjeriti. Vertikalna os (y) predstavlja relativnu frekvenciju s rasponom vrijednosti od 0,00 do približno 0,16.

Histogram je prikazan nizom vertikalnih stupaca koji se preklapaju s gustoćom. Visina svakog stupca proporcionalna je učestalosti pojavljivanja podataka unutar pripadajućeg intervala na osi x. Preko histograma je postavljena crna krivulja koja vizualno sumira oblik distribucije. Oblik krivulje je unimodalan, karakteriziran jednim izraženim vrhuncem i pokazuje visok stupanj simetričnosti oko svoje centralne tendencije. Najveća gustoća opažanja odnosno vrh distribucije nalazi se na osi x u rasponu od 7,0 do 9,0 t/ha te gustoća postupno opada prema krajevima skupa podataka. Repovi distribucije relativno brzo se spuštaju prema nultoj gustoći s podacima koji se protežu do ekstremnih rubova, uključujući pojedina opažanja s niskom učestalosti blizu vrijednosti 0 i 16. Distribucija podataka izrazito je koncentrirana oko središnje osi i slijedi zvonoliki oblik s ravnomjernim opadanjem učestalosti.



Grafikon 3. Distribucija prinosa zrna

Efekt testera na prinos (grafikon 4) gdje prikazani horizontalni stupčasti grafikon vizualno kvantificira efekt testerskih linija 399 i 7215 na prinos u kombinaciji s opozitnim linijama. Grafikon se fokusira na omjer prinosa gdje os x predstavlja mjeru relativnog učinka testera u odnosu na prosječni prinos svih genotipova ili kontrolnu referentnu vrijednost. Analiza prikazuje dijametralno suprotne i simetrične učinke dvaju testera. Stupac za tester 7215 proteže se u negativni smjer osi x, s vrijednošću približno $-0,05$. Stupac za tester 399 proteže se u pozitivni smjer osi x, s vrijednošću približno $+0,05$. Vizualizacija naglašava veliku komparativnu razliku od približno 10 % u omjeru prinosa između ova dva testera.



Grafikon 4. Efekt testera Os399 i Os7215 na prinos pokusa

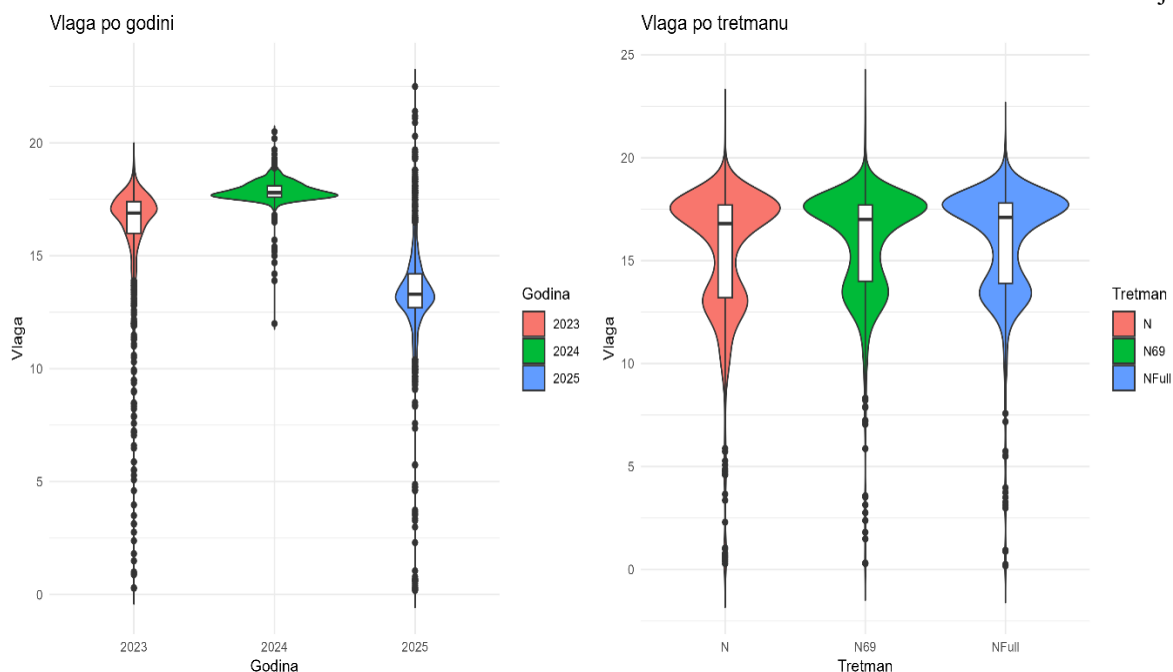
U modelima koji uključuju nasumične efekte, presjek (eng. *intercept*) reflektira srednju vrijednost opažanja za pojedinu grupu (npr. genotip, godinu), dok varijanca tog presjeka kvantificira među-grupne razlike u osnovnoj razini svojstva. Tablica 3. prikazuje procijenjene komponente varijance (vcov) i pripadajuće standardne devijacije (sdcov) za slučajne efekte (grp) iz modela mješovitih efekata, gdje var1 i var2 predstavljaju varijable te specificiraju efekt na intercept koji u modelu procjenjuje varijance bez kovarijance. Najveća komponenta varijance je rezidualna 3,735, standardne devijacije: 1,933. Među faktorima godina (year) ima najveću komponentu varijance (1,368; sdcov: 1,167). Efekt genotipa (gen) značajno doprinosi varijanci s vrijednošću 0,86 (sdcov: 0,927), dok interakcija genotip x godina (gen:year) iznosi 0,633 (sdcov: 0,796). Ostali faktori imaju niže varijance: tretman (trt) je 0,323 (sdcov: 0,568), a ponavljanje (rep) je 0,185 (sdcov: 0,43). Važno je istaknuti da je varijanca interakcije genotip x tretman (gen:trt) procijenjena kao nula (0,000). Procijenjena heritabilnost ($H^2 \pm SE$) za prinos je $0,7111 \pm 0,13$.

Tablica 3. Procijenjene komponente varijance i standardne devijacije za slučajne efekte uključene u linearni model mješovitih efekata za varijablu prinosa

Slučajni efekt	Varijabla 1	Varijabla 2	Komponente varijance	Standardna devijacija
gen:trt	(Intercept)		0	0
gen:year	(Intercept)		0,633	0,796
gen	(Intercept)		0,86	0,927
rep	(Intercept)		0,185	0,43
trt	(Intercept)		0,323	0,568
year	(Intercept)		1,368	1,167
Residual			3,735	1,933

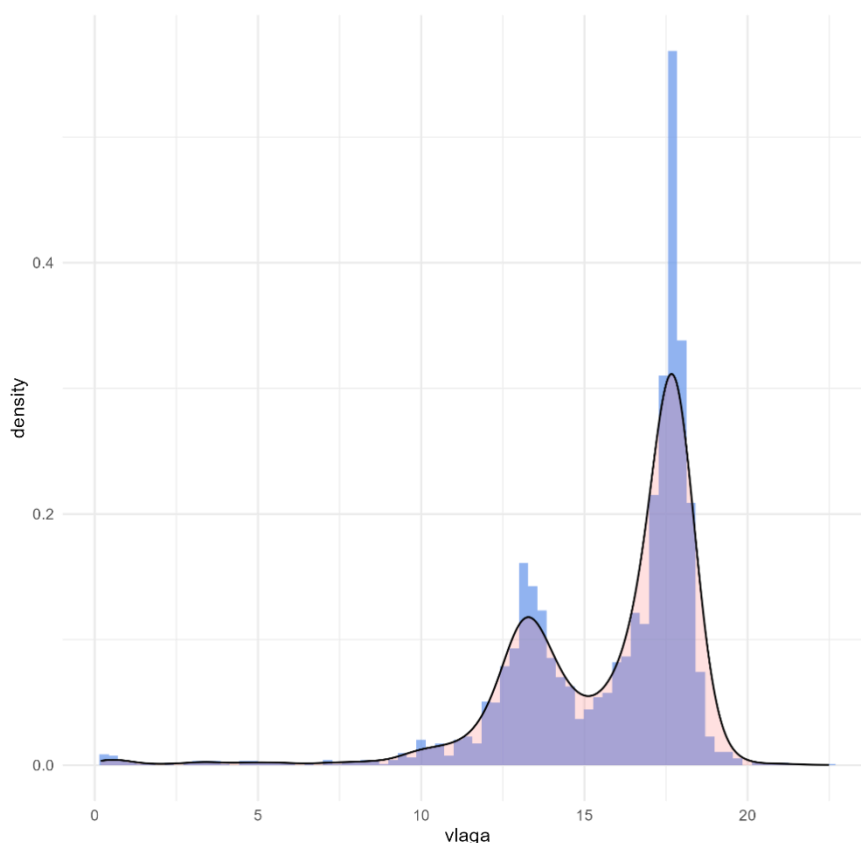
Potencijal dva roditelja u formiranju hibrida odražava SKS dok se njena kvantifikacija u suvremenim analizama često provodi korištenjem BLUP metode u okviru modela mješovitih efekata. Slika 7. prikazuje toplinsku kartu prinosa interakcije između dva roditelja s testiranim linijama. Redci predstavljaju križance odnosno interakcije određenih genotipova jer su SKS vrijednosti izračunate za kombinacije roditelja. Boje prikazuju SKS vrijednost za prinos, crvena prikazuje visoke vrijednosti odnosno intenzitet pozitivne SKS vrijednosti, plava prikazuje niske vrijednosti odnosno intenzitet negativne SKS vrijednosti. Bijela boja označava vrijednosti blizu 0. Najveće vrijednosti s testerom Os399 imaju linije AJ.272.2020, AJ262.2020 i AJ156.2020, a najniže vrijednosti imaju linije VG697.2020 i AB511.2020. Najviše vrijednosti s testerom Os7215 imaju linije AB568.2020 i AB538.2020, dok najniže vrijednosti imaju linije AJ258.2020 i VG616.2020.

Prosječna vlaga zrna za 2023. godinu bila je 16,25 %, za 2024. godinu bila je 17,88 % i za 2025. godinu bila je 13,34 %. Prosječna vlaga po tretmanu N0 bila je 15,52 %, po tretmanu N69 bila je 15,92 % i po tretmanu Nfull iznosila je 16,03%. Grafikon 5. prikazuje analizu vlage u zrnu razdvojenu na usporednu analizu po godinama i tretmanima.



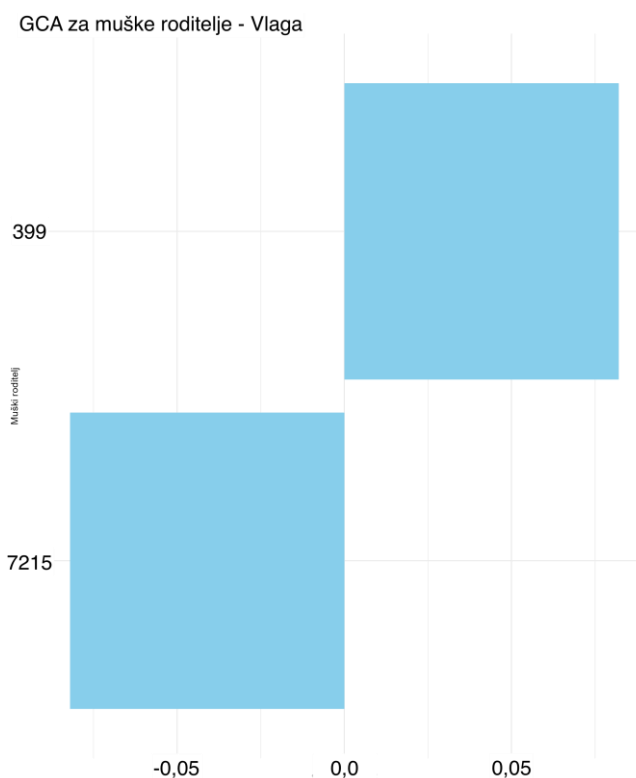
Grafikon 5. Varijabilnost vlage zrna po tretmanu i godinama

Lijeva strana slike koristi violin dijagram za usporedbu distribucije vlage po faktoru godina. Crveni violin plot prikazuje 2023. godinu, a distribucija vlage je koncentrirana na najnižim vrijednostima. Medijan je najniži, sugerirajući da je prosječna vlaga zrna u toj godini bila najniža smješten približno na 11,5%, a distribucija vlage za 2023. godinu je relativno uska. Zeleni violin plot prikazuje 2024. godinu, medijan je najviši i smješten je približno na 14,5%, distribucija vlage je umjerene širine. Plavom bojom prikazan je plot koji prikazuje 2025. godinu. Medijan je smješten približno na 13%, a plot je blago širi od 2023. godine. Desni grafikon koji prikazuje distribuciju vlage za tri tretmana dušikom N0, N69 i NFull, na prvi pogled sugerira izrazitu sličnost među tretmanima. Medijani za sva tri tretmana N0, N69 i NFull su praktički identični, smješteni približno na 13%. Medijan kao središnja vrijednost koja dijeli podatke na dva jednaka dijela ne pokazuje vidljiv pomak s povećanjem doze dušika. Širina violin plotova koja predstavlja gustoću i varijabilnost podataka vrlo je slična za sve tri razine tretmana. Sva tri tretmana obuhvaćaju gotovo identičan raspon vrijednosti vlage od otprilike 10% do preko 18%.



Grafikon 6. Distribucija vlage zrna

Distribuciju fučestalosti skupa podataka vlage u zrnju prikazan je grafikonom 6, pri čemu je korištena kombinacija histograma i procijenjene funkcije gustoće. Horizontalna os predstavlja izmjerene vrijednosti vlage u zrnju i obuhvaća raspon od oko 10% do 18%. Vertikalna os predstavlja gustoću ili relativnu frekvenciju s vrijednostima do približno 0,35. Graf se sastoji od vertikalnih stupaca koji formiraju histogram crne krivulje koja ih prekriva i predstavlja funkciju gustoće. Prema prikazanom histogramu s procijenjenom gustoćom, distribucija vlage zrna je bimodalna s dva izražena vrha. Manji vrh nalazi se približno u području 13–14 %, dok je dominantni vrh izraženiji i smješten od oko 17 do 18 %. Većina vrijednosti koncentrirana je u rasponu približno 11–19 % dok su izvan navedenog intervala prisutna tek pojedinačna opažanja. Uočljiv je produženi rep prema nižim vrijednostima koji se kreće do 0, pojedinačne vrlo niske vrijednosti što prikazuju asimetriju ulijevo te odstupanje od normalne distribucije.



Grafikon 7. *Efekt testera Os399 i Os7215 na vlagu zrna*

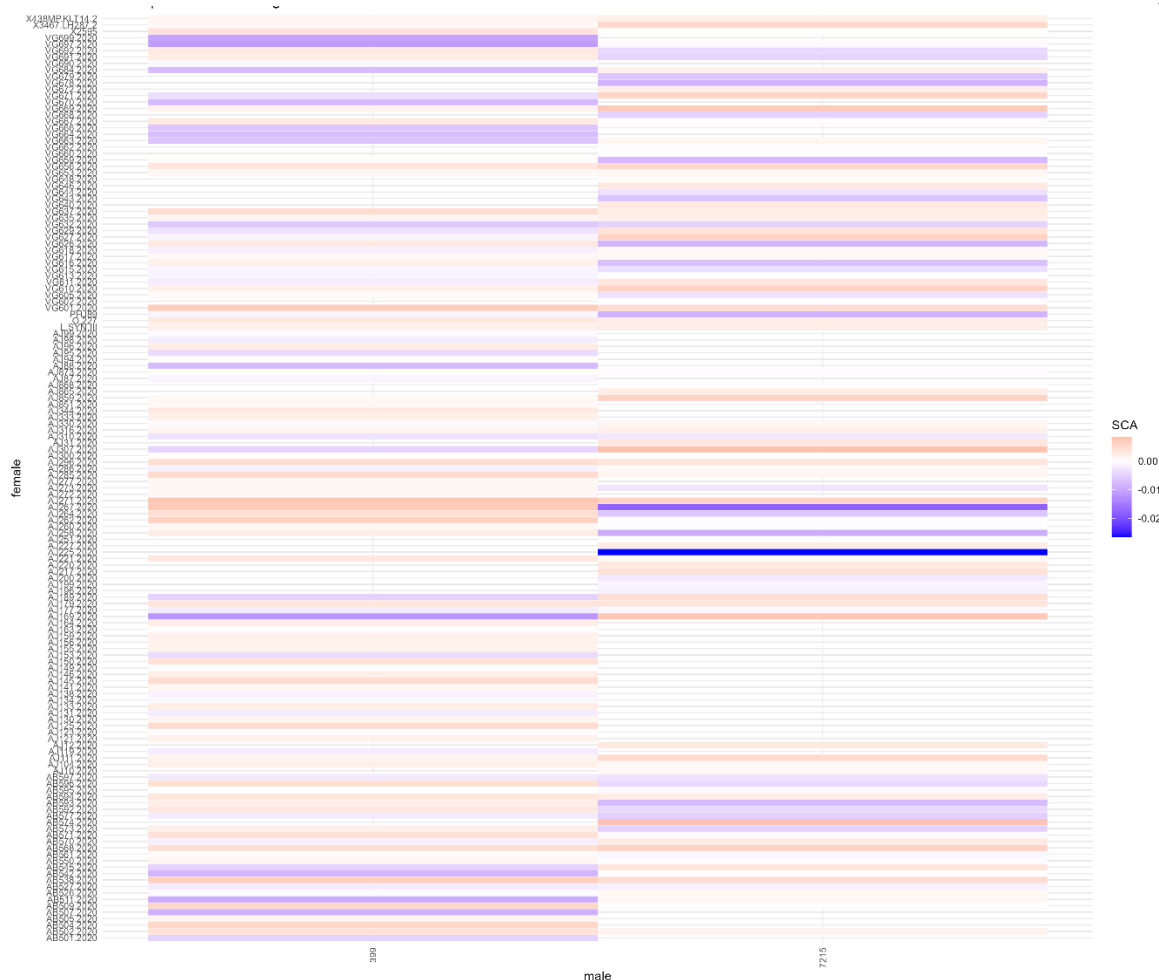
U ovom istraživanju korišteni testeri su pokazali različiti utjecaj na vlagu zrna. Grafikon 7. prikazuje horizontalni stupčasti grafikon dizajniran za vizualnu usporedbu omjera vlage za dva različita testera za linije Os399 i Os7215. Stupac koji predstavlja tester Os399 proteže se u desno od nulte linije. To ukazuje na pozitivno odstupanje u omjeru vlage, vrijednost je približno +0,07. Stupac koji predstavlja tester Os7215 se proteže u lijevo od nulte linije što ukazuje na negativno odstupanje u omjeru vlage, a vrijednost je približno -0,07. Grafikon jasno pokazuje simetričan, ali suprotan trend između dva testera.

Model uključuje nasumične efekte pri čemu presjek predstavlja srednju vrijednost opažanja unutar pojedine grupe dok varijanca presjeka kvantificira razlike među grupama u osnovnoj razini promatranog svojstva.

Tablica 4. Procijenjene komponente varijance i standardne devijacije za slučajne efekte uključene u linearni model mješovitih efekata za varijablu vlage zrna

Slučajni efekt	Varijabla 1	Varijabla 2	Komponente varijance	Standardna devijacija
gen:trt	(Intercept)		0	0
gen:year	(Intercept)		0,669	0,819
gen	(Intercept)		0,184	0,429
rep	(Intercept)		0,057	0,239
trt	(Intercept)		0,074	0,273
year	(Intercept)		5,334	2,31
Residual			3,558	1,887

Tablica 4. prikazuje procijenjene komponente varijance (*vcov*) i pripadajuće standardne devijacije (*sdcor*) za slučajne učinke (*grp*) iz modela mješovitih efekata pri čemu stupci *var1* i *var2* specificiraju učinak na presjek. Najveća komponenta varijance odnosi se na godinu s vrijednošću 5,334 (*sdcor*: 2,310). Slijedi rezidualna komponenta (Residual) s vrijednošću 3,558 (*sdcor*: 1,887), koja obuhvaća mikroklimatske razlike, prostorne varijacije i tehničke pogreške u mjerenju. Interakcija genotip $\times$ godina (*gen:year*) ima varijancu 0,669 (*sdcor*: 0,819), što ukazuje na umjerenu genotipsku plastičnost u reakciji na različite godišnje uvjete. Efekt genotipa (*gen*) iznosi 0,184 (*sdcor*: 0,429), dok su varijance za tretman (*trt*) i ponavljanje (*rep*) niže, iznoseći 0,074 (*sdcor*: 0,273) i 0,057 (*sdcor*: 0,239). Interakcija genotip $\times$ tretman (*gen:trt*) procijenjena je kao nula (0,000). Procijenjena heritabilnost ($H^2 \pm SE$) za vlagu zrna iznosila je $0,342 \pm 0,05$, što ukazuje na umjerenu genetsku kontrolu i snažan utjecaj okolišnih čimbenika na varijabilnost ovog svojstva.



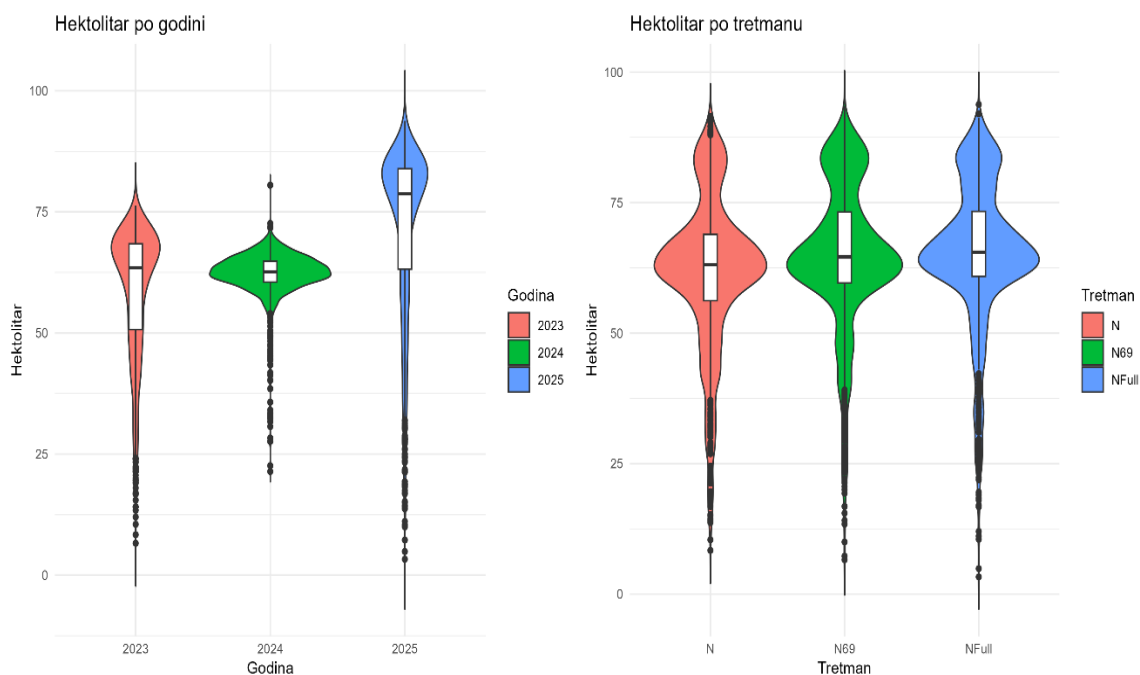
Slika 8. Specifična kombinatorna sposobnost (SCA) za vlagu zrna sa različitim križancima.

Toplinska mapa vlage zrna interakcije između dva roditelja sa testiranim linijama prikazana je slikom 8. Na temelju vizualne raspodjele boja tester 399 prikazuje nešto uravnoteženiju raspodjelu pozitivnih (narančastih) i negativnih (ljubičastih) odstupanja, bez dominantnog ekstrema. Tester 7215 ima izrazito dominantno obilježje tamnoplavu horizontalnu traku koja predstavlja liniju AJ225.2020. Izrazito negativno odstupanje prikazano je za tu specifičnu mjernu točku. Blaža pozitivna odstupanja podjednako su zastupljena pod oba testera.

3.4. Kombinatorne sposobnosti za hektolitarsku masu

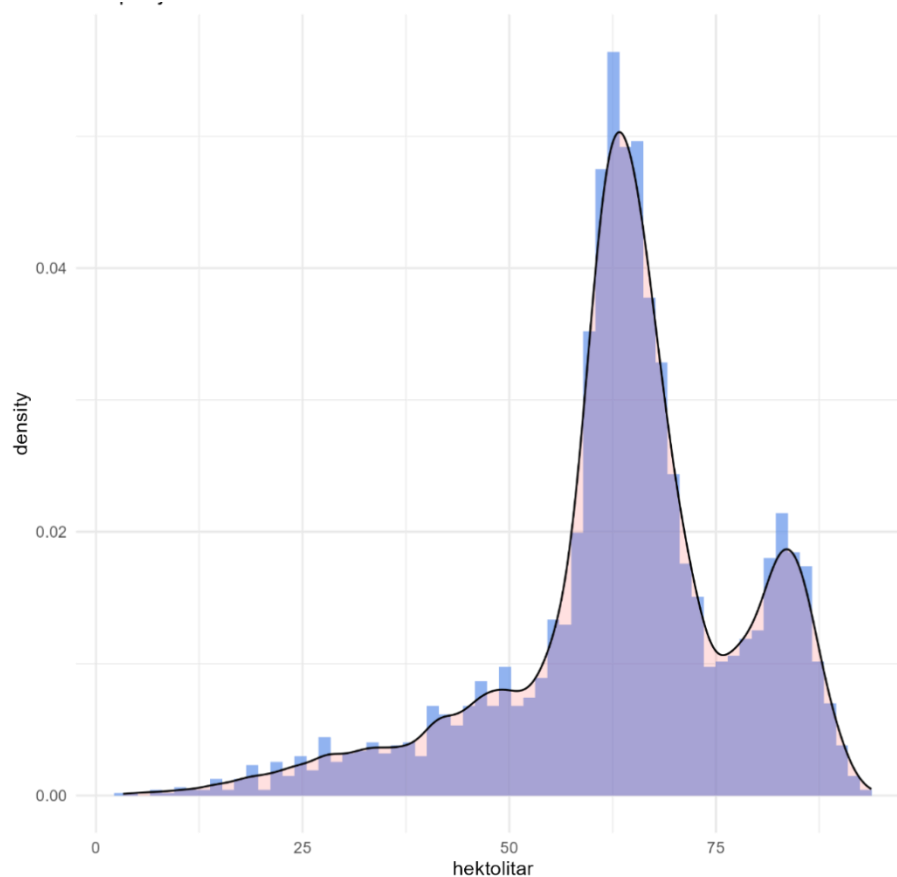
Analiza prikazuje varijabilnost hektolitarske mase zrna kukuruza u odnosu na godinu provedbe pokusa te primijenjeni tretman dušikom (grafikon 8.). Uočljivo je da se vrijednosti hektolitarske mase razlikuju između godina, pri čemu 2023. i 2025. godina pokazuju više medijane u odnosu na 2024. godinu. Distribucija podataka za 2023. godinu relativno je uska, s medijanom oko 70 kg hl⁻¹. Godina 2024. pokazuje pad medijana hektolitarske mase na oko

Rezultati istraživanja
60 kg hl⁻¹ te širu distribuciju. U 2025. godini bilježi se porast hektolitarske mase i šira distribucija, s pojedinim ekstremnim vrijednostima koje prelaze 90 kg hl⁻¹. Analizom utjecaja tretmana dušikom (desni graf) može se uočiti da se medijan hektolitarske mase povećava s povećanjem količine primijenjenog dušika.



Grafikon 8. Varijabilnost hektolitarske mase po tretmanu i godinama

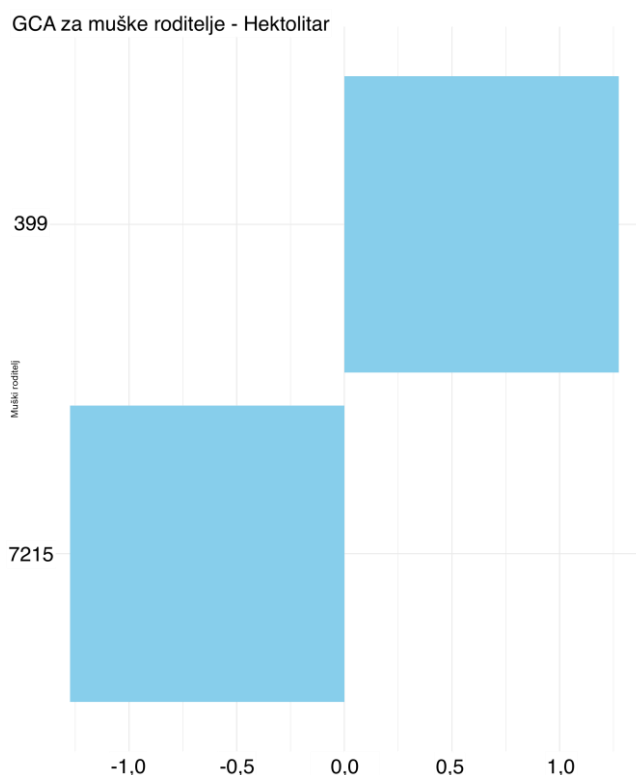
Tretman bez dodatka dušika (N0) pokazuje niže vrijednosti hektolitarske mase, s medijanom oko 65 kg hl⁻¹. Tretmani N69 i NFull postižu veće vrijednosti, pri čemu je kod tretmana N69 medijan oko 75 kg hl⁻¹, dok tretman NFull pokazuje sličan medijan, ali i nešto širu distribuciju vrijednosti. Distribucija hektolitarske mase zrna kukuruza za cijeli skup podataka prikazana je grafikonom 9. Histogram s pripadajućom krivuljom gustoće ukazuje na višemodalnu raspodjelu, što sugerira prisutnost više skupina uzoraka koje se razlikuju po kvaliteti i strukturi zrna. Najizraženiji vrh distribucije nalazi se oko 70 kg hl⁻¹, što predstavlja dominantnu skupinu uzoraka s optimalnom hektolitarskom masom. Manji vrhovi raspodjele, vidljivi oko 50 i 85 kg hl⁻¹, ukazuju na prisutnost uzoraka s nižom i višom gustoćom zrna, što može biti posljedica razlika u genotipu, dostupnosti hraniva i okolišnim uvjetima tijekom vegetacije.



Grafikon 9. *Distribucija hektolitarske mase*

Šira baza distribucije prema nižim vrijednostima upućuje na to da je dio uzoraka imao smanjenu hektolitarsku masu. S druge strane, manji broj uzoraka s vrlo visokim vrijednostima ($>85 \text{ kg hl}^{-1}$) vjerojatno potječe iz tretmana s optimalnom gnojdbom i povoljnim agroekološkim uvjetima. Ovakva distribucija potvrđuje heterogenost materijala korištenog u pokusu te naglašava važnost selekcije genotipova s većom stabilnošću hektolitarske mase kroz različite uvjete uzgoja.

prikazan je efekt dvaju testera (grafikon 10.), Os399 i Os7215, na hektolitarsku masu zrna kukuruza. Uočava se jasna razlika u smjeru i intenzitetu učinka između testera. Tester Os399 pokazuje negativan efekt, što znači da potomstvo nastalo njegovim korištenjem u prosjeku ima nižu hektolitarsku masu u odnosu na srednju vrijednost populacije. Suprotno tome, tester Os7215 pokazuje pozitivan efekt, pri čemu potomstvo ostvaruje više vrijednosti hektolitarske mase.



Grafikon 10. Efekt testera Os399 i Os7215 na hektolitarsku masu

Rezultati prikazuju procijenjene komponente varijance i standardne devijacije za slučajne efekte (Tablica 5.) uključene u linearni model mješovitih efekata primijenjen na varijablu hektolitarske mase. Model obuhvaća efekte genotipa (gen), tretmana (trt), godine (year), ponavljanja (rep) kao i interakcije genotip $\times$ tretman (gen:trt) i genotip $\times$ godina (gen:year). Najveći doprinos ukupnoj varijabilnosti hektolitarske mase pripada rezidualnoj komponenti (135,087), što ukazuje na prisutnost znatne varijabilnosti koja nije u potpunosti objašnjena uključenim čimbenicima modela.

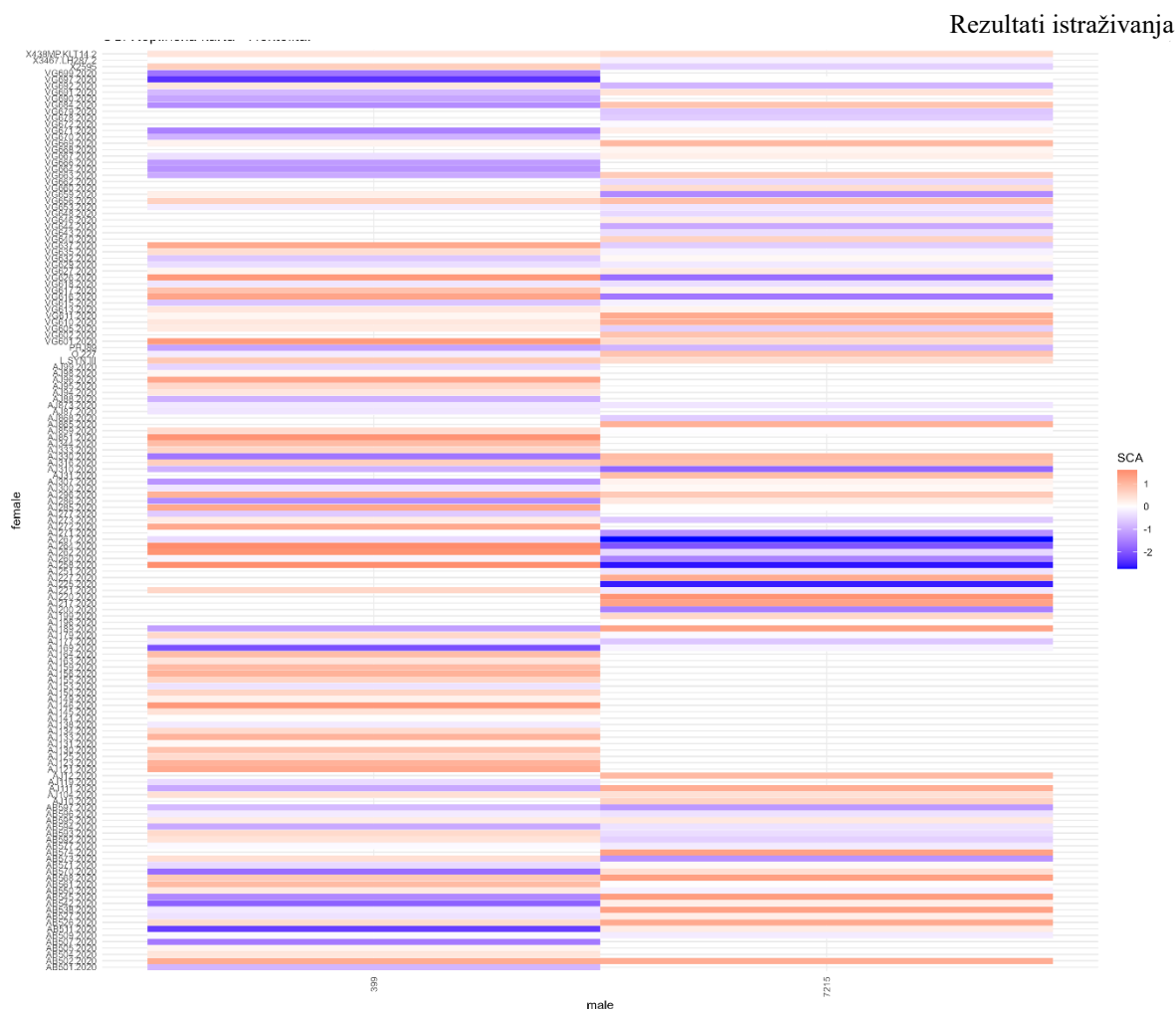
Od sistematskih izvora varijacije, najveći doprinos ima godina (46,201) što ukazuje na snažan utjecaj agroekoloških uvjeta na hektolitarsku masu. Interakcija genotipa i godine (33,875) također ima značajan udio što upućuje na različitu reakciju genotipova na promjenjive okolišne uvjete kroz godine istraživanja. Komponente povezane s genotipom (6,599) i tretmanom dušikom (3,261) su nižeg intenziteta no ukazuju na postojanje genetske varijabilnosti i osjetljivosti na razine gnojidbe. Interakcija genotip $\times$ tretman (gen:trt) imala je vrlo nisku vrijednost varijance ($6,41 \times 10^{-8}$).

Tablica 5. Procijenjene komponente varijance i standardne devijacije za slučajne efekte uključene u linearni model mješovitih efekata za varijablu hektolitarske mase

Slučajni efekt	Varijabla 1	Varijabla 2	Komponente varijance	Standardna devijacija
gen:trt	(Intercept)		6,41E-08	0,0003
gen:year	(Intercept)		33,875	5,820
gen	(Intercept)		6,599	2,569
rep	(Intercept)		6,271	2,504
trt	(Intercept)		3,261	1,806
year	(Intercept)		46,201	6,797
Residual			135,087	11,623

Procijenjena heritabilnost $H^2 \pm SE$ na razini pokusa iznosila je $0,2882 \pm 0,08$ što ukazuje na umjereno nasljednu kontrolu svojstva hektolitarske mase.

Prikazana je procjena specifične kombinatorne sposobnosti (SKS) za hektolitarsku masu između različitih križanaca (slika 9.) pomoću toplinske karte. Toplinska karta prikazuje varijacije SKS vrijednosti, pri čemu nijanse crvene boje označavaju pozitivne, a nijanse plave negativne efekte križanja na hektolitarsku masu. Ovakav prikaz omogućuje brzu vizualnu identifikaciju kombinacija roditeljskih linija koje daju iznadprosječne ili ispodprosječne potomke u pogledu gustoće i kvalitete zrna. Rezultati pokazuju da većina križanaca ostvaruje neutralne do blago pozitivne vrijednosti SCA, što upućuje na stabilnu reakciju roditeljskih linija u pogledu ovog svojstva. Međutim, nekoliko križanaca pokazuje izrazito pozitivne efekte intenzivnije crvene nijanse koje rezultira povećanom hektolitarskom masom.



Slika 9. *Specifična kombinatorna sposobnost (SCA) za hektolitarsku masu sa različitim križancima*

Suprotno tome, negativne SCA vrijednosti (plave nijanse) upućuju na križanja koja dovode do smanjene gustoće zrna.

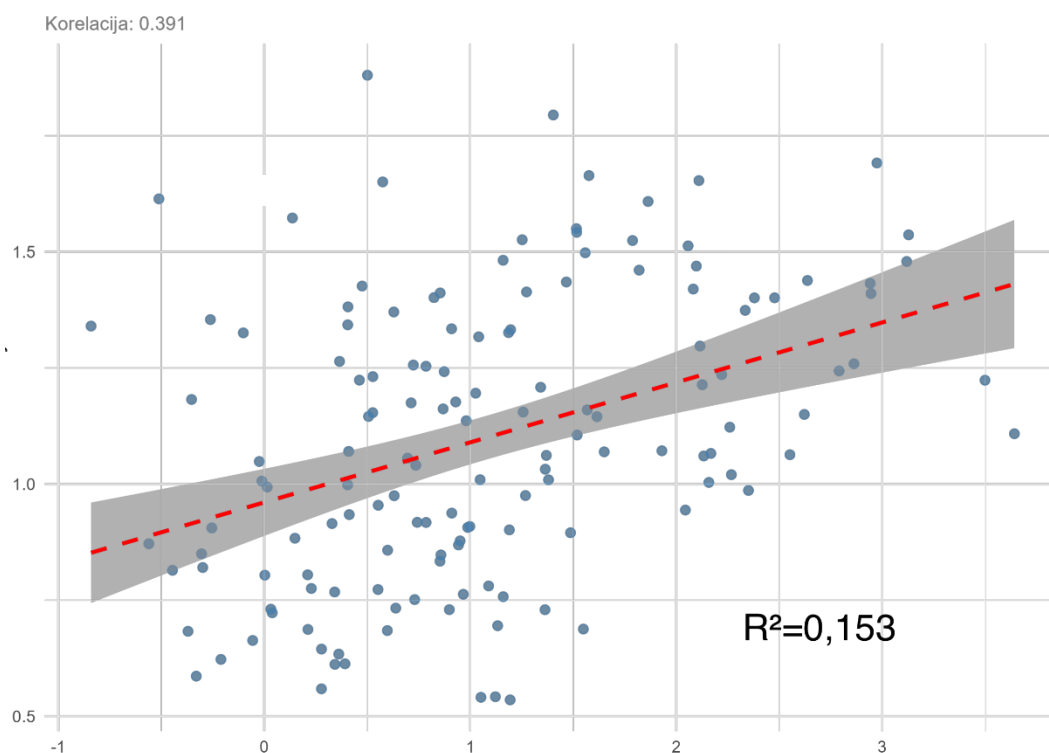
3.5. Genomska predikcija

U svrhu provjere pretpostavki normalnosti i stabilizacije varijance fenotipskih podataka za svojstva koja su pokazivala odstupanja od normalne raspodjele ispitano je više transformacija. Primijenjene su logaritamska transformacija (log), transformacija kvadratnim korijenom (sqrt), Box–Cox transformacija, Yeo–Johnson transformacija, kvantilna normalizacija (qnorm) te rank transformacija prema Conover i Iman (1981). Učinkovitost pojedine transformacije procijenjena je usporedbom koeficijenta skošenosti (skewness) i oblika distribucije nakon transformacije. Na temelju tih kriterija, rank transformacija pokazala se najprikladnijom jer je najdosljednije smanjila odstupanja od normalnosti (skewness približno 0) pa su tako dobivene transformirane vrijednosti korištene u daljnjim analizama i

modeliranju.

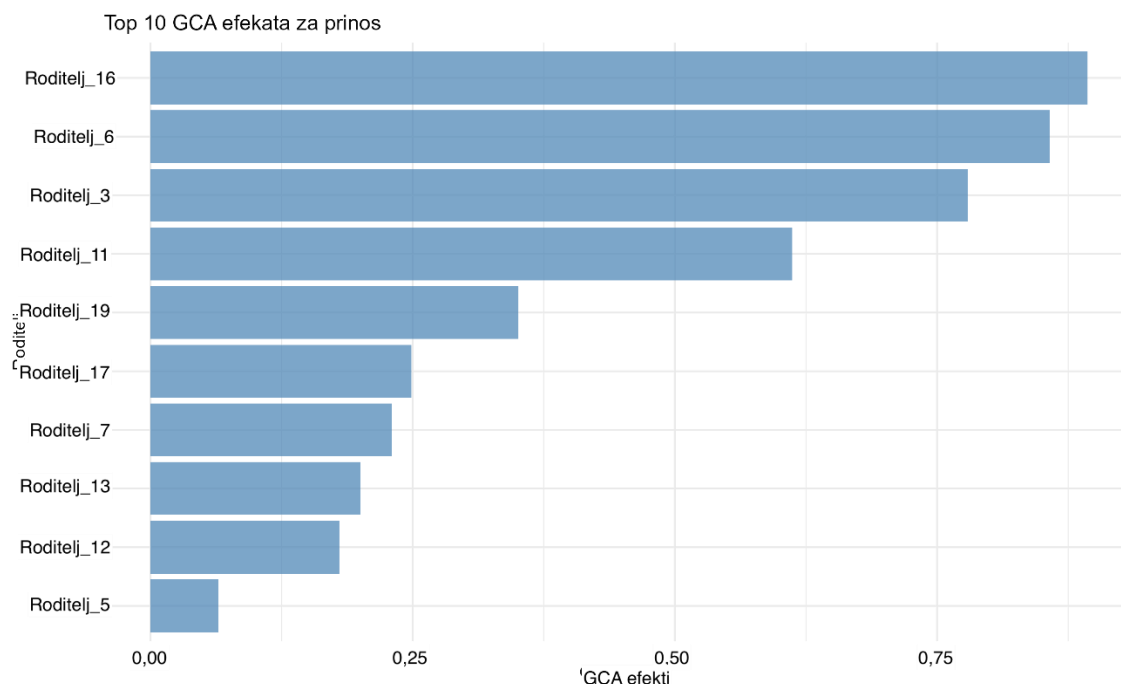
3.5.1. Genomska predikcija za prinos

Primjetna je pozitivna linearna povezanost ($R^2 = 0,153$) s umjerenim nagibom regresijske linije što ukazuje da genomski model uspješno prepoznaje genetsku varijabilnost povezanu s prinosom. Iako postoji vidljiva raspršenost točaka oko regresijske linije, većina vrijednosti grupira se duž pozitivnog trenda što potvrđuje stabilnost predikcije



Slika 10. Odnos između predviđenih i opaženih BLUP vrijednosti za prinos nakon rank transformacije

Rezultat nakon primjene rank transformacije kojom su fenotipske vrijednosti normalizirane i smanjen utjecaj outliera. Vidljivo je blago povećanje točnosti predikcije (slika 10.), korelacija je porasla s 0.374 na 0.391 što ukazuje da transformacija podataka poboljšava prilagodbu modela. Točke su raspršene duž jasnijeg pozitivnog trenda, a interval pouzdanosti oko regresijske linije nešto je uži, što ukazuje na povećanu stabilnost modela i bolju usklađenost predikcije s opaženim vrijednostima.



Slika 11. Prikaz 10 najboljih roditelja OKS za prinos

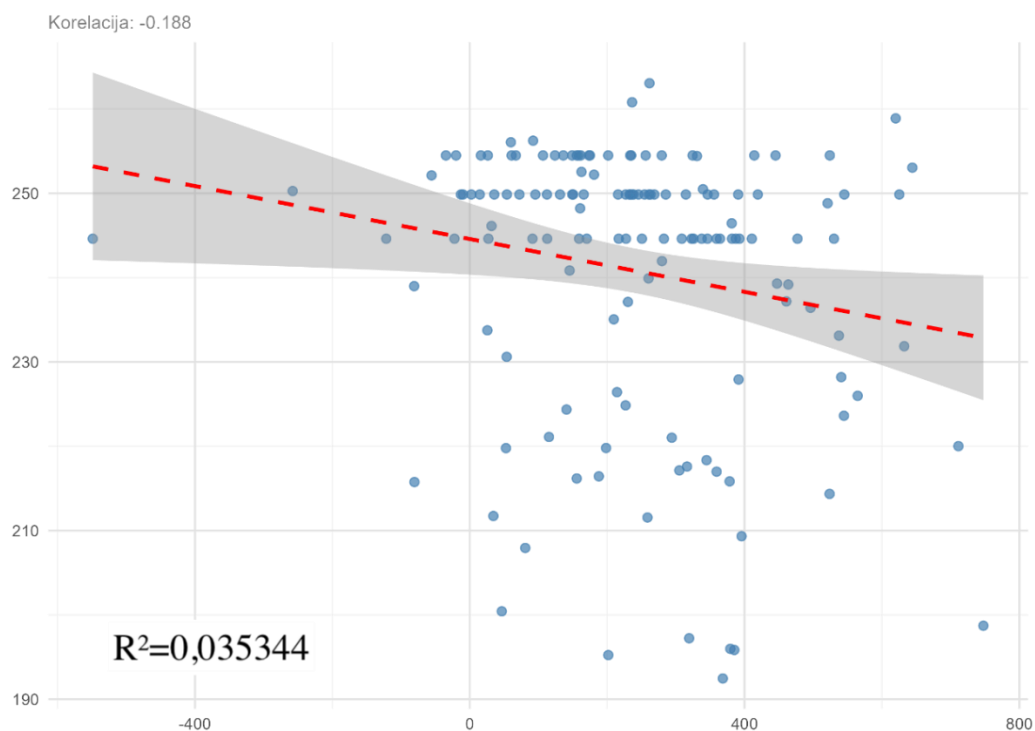
Analizom općih kombinacijskih sposobnosti za prinos utvrđene su značajne razlike među roditeljskim efektima. Na slici 11. je prikazano deset roditelja s najvišim pozitivnim OKS vrijednostima, koji predstavljaju genotipove s najpovoljnijim genetskim doprinosom prinosu potomstva. Najviši roditeljski efekti zabilježeni su kod Roditelja 16, Roditelja 6 i Roditelja 3, čije su procijenjene OKS vrijednosti bile najveće u analiziranom skupu. Roditelji 8, 11 i 19 također su pokazali iznadprosječne OKS vrijednosti, što ukazuje na umjeren, ali pozitivan genetski doprinos u hibridnim kombinacijama. S druge strane, roditelji s nešto nižim vrijednostima unutar prikazanih deset Roditelj 13, 12 i 5 ostvarili su pozitivne, ali relativno skromnije efekte.

3.5.2. Genomska predikcija za vlagu

Između predviđenih i opaženih vrijednosti nema izražene linearne povezanosti – točke su raspršene i ne prate konzistentan trend (slika 12) te je prikazan je odnos predviđenih (y os) i opaženih vrijednosti za vlagu (x os). Korelacijski koeficijent iznosio je $r = -0.167$ prije rank transformacije što ukazuje na niski i negativni stupanj povezanosti između predikcije i stvarnih fenotipskih vrijednosti.

Unatoč tome, primjena rank transformacije je smanjila skošenost distribucije (*skewness*) i stabilizirala varijancu čime je omogućen realniji prikaz odnosa između genetskih i okolinskih

Rezultati istraživanja komponenti. U ovom slučaju transformacija je poboljšala statističku pravilnost podataka, ali nije povećala točnost predikcije zbog dominantnog utjecaja okolišnih faktora na vlagu zrna. Sivi pojas koji označava interval pouzdanosti oko regresijske linije relativno je širok, što potvrđuje veliku varijabilnost i nisku prediktivnu moć modela.



Slika 12. Odnos između predviđenih i opaženih BLUP vrijednosti za vlagu zrna nakon rank transformacije

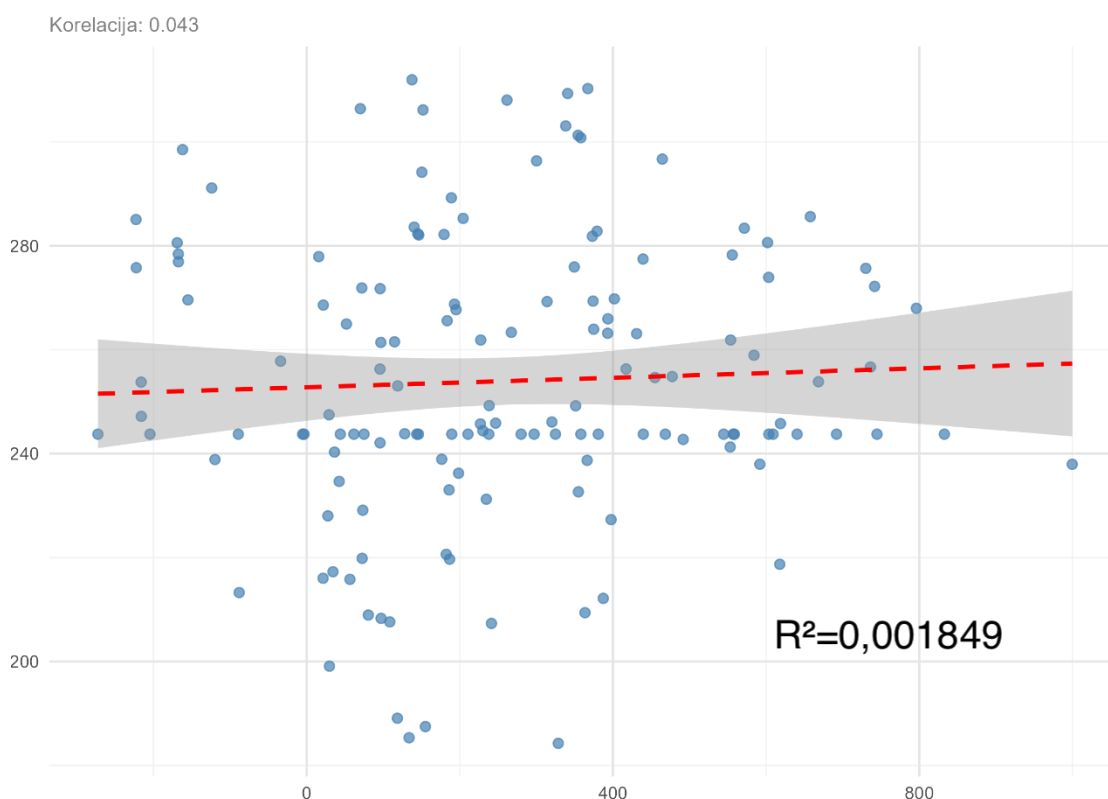
Model s rank transformiranim vrijednostima pokazuje nešto širi interval pouzdanosti, a korelacija je $r = -0.188$ ukazuje na sličnu, ali malo povećanu negativnu povezanost u odnosu na netransformirani skup podataka. Podaci pokazuju izraženu heterogenost i nekoliko ekstremnih vrijednosti koje uzrokuju skošenu distribuciju i šum u modelu što dodatno smanjuje točnost genomske predikcije.

3.5.3. Genomska predikcija za hektolitarsku masu

Predviđene i opažene vrijednosti hektolitarske mase prije primjene rank transformacije prikazuje blago negativnu povezanost. Rezultati genomske predikcije dobivene na originalnim, netransformiranim podacima pokazuje negativan odnos između predviđenih i opaženih vrijednosti korelacija od $r = -0.072$. Distribucija točaka nema jasan trend, a crtkana

Rezultati istraživanja
regresijska linija pokazuje blagi negativni nagib. Takav rezultat obično upućuje na preveliku asimetriju i varijabilnost podataka odnosno, model je osjetljiv na ekstremne vrijednosti koje narušavaju stabilnost procjene. Široki interval pouzdanosti oko regresijske linije potvrđuje nisku preciznost i stabilnost modela u ovom obliku.

Smanjenjem koeficijenta skošenosti sa -0,83 na 0,00 smanjen je utjecaj ekstremnih vrijednosti vidljivo je na (slici 13) koja prikazuje odnos predviđenih vrijednosti (os y) i opaženih vrijednosti (os x) nakon rank transformacije. Korelacija između predviđenih i opaženih vrijednosti iznosi $r = 0.043$ nakon rank transformacije što ukazuje da nije utvrđena linearna povezanost. To znači da model genomske predikcije (GBLUP/rrBLUP) ne uspijeva uspješno prepoznati genetske uzorke u fenotipskoj varijabilnosti jer je točnost predikcije ograničena. Vidljivo je da su točke uglavnom raspoređene bez izraženog linearnog trenda, no pozitivni nagib regresijske linije upućuje na blago poboljšanje prediktivnog smjera u odnosu na netransformirane podatke. Iako je povećanje korelacije skromno (s -0.072 na 0.043), transformacija je promijenila smjer povezanosti iz negativnog u pozitivan čime se pokazuje blago poboljšanje statističke stabilnosti i interpretabilnosti rezultata.



Slika 13. Odnos između predviđenih i opaženih BLUP vrijednosti za hektolitar nakon rank transformacije

4. RASPRAVA

4.1. Analiza prinosa

Klimatski parametri tijekom vegetacijskog razdoblja pokusa kukuruza u Osijeku (2023.–2025.) pokazali su izražene međugodišnje razlike koje su imale izravan utjecaj na rast, razvoj i prinos testiranih križanaca. U 2023. godini prevladavale su umjerene temperature i povoljniji raspored oborina što je omogućilo stabilno nicanje i ujednačen porast biljaka. Godina 2024. bila je toplija i bez povoljnog rasporeda oborina s najvišim prosječnim temperaturama u travnju (14,5 °C) i kolovozu (31,8 °C) te vrlo niskom količinom oborina u ključnim fazama formiranja zrna (samo 2,4 mm u kolovozu). Takvi uvjeti uzrokovali su stres zbog suše koji može dovesti do smanjenja oplodnje i smanjenja broja zrna po klipu (Gallais i Hirel, 2004). U 2025. godini sušan period u lipnju utjecao je na slabiji razvoj biljke. Nakon sušnog razdoblja u lipnju zabilježen je povratak umjerenijih temperatura i veće količine oborina u srpnju i kolovozu što je pogodovalo završnim fazama punjenja zrna i većoj stabilnosti prinosa.

Kombinacija klimatskih ekstrema između godina utječu na dostupnost dušika u ključnim fazama razvoja biljke te su stvorile nepovoljne uvjete za istraživanje genotipske plastičnosti i učinkovitosti korištenja dušika (NUE). Takve promjene potvrđuju važnost interakcije genotip $\times$ godina ($G \times Y$) i naglašavaju potrebu za uključivanjem klimatskih kovarijabli u genomske modele predikcije kako bi se povećala točnost procjene oplemenjivačke vrijednosti (Ferrão i sur., 2020). Prikazanu raspodjelu prinosa zrna u odnosu na godine pokusa i tretmane dušikom pomoću violin plotova koji kombiniraju gustoću distribucije s medijanima i interkvartilnim rasponima jasno pokazuju da je godina 2023. imala najniži prosječni prinos (6,2 t/ha) i najužu distribuciju što je u skladu s nešto nižim temperaturama i ograničenim vegetacijskim rastom. Suprotno tome, 2024. i 2025. godine ostvarile su znatno veće medijane prinosa (oko 9,5 t/ha) s većom varijabilnošću osobito 2025. godine. Na lijevom grafu vidi se da je najniži prinos zabilježen 2023. godine (medijan oko 6–7 t/ha) dok su 2024. i 2025. godine imale više medijane prinosa (oko 9–10 t/ha) i širu distribuciju što ukazuje na povoljnije klimatske uvjete i veću varijabilnost genotipova.

Na desnom grafu uočava se jasan učinak dušične gnojidbe, tretman bez dušika (N0) ima najniži medijan prinosa dok N69 i NFull daju znatno veće prinose. Razlika između N69 i NFull je vrlo mala što upućuje na učinkovitu iskoristivost dušika odnosno da dodatna količina N nije značajno povećala prinos. Prikaz distribucije učestalosti prinosa pomoću

histograma i funkcije gustoće ukazuje da većina genotipova ostvaruje stabilne i srednje visoke prinose. Odsutnost izraženih repova ili višestrukih vrhova potvrđuje da nije bilo ekstremno slabih ni ekstremno superiornih hibrida. Ovakva normalna distribucija prinosa tipična je za kvantitativno svojstvo s velikim brojem gena s malim učincima (Hallauer i sur., 2010) i potvrđuje adekvatnost korištenog eksperimentalnog dizajna te homogenost varijance unutar blokova. Prikaz simetričnih, ali suprotnih efekta između testera Os399 pokazuje pozitivan doprinos (+0,05), a Os7215 negativan (−0,05). To ukazuje na različite kombinatorne sposobnosti testera pri čemu je tester Os399 pokazao veću kompatibilnost s ispitivanim germplazmama nego Os7215. S obzirom na to da oba testera dolaze iz opozitnih heterotičnih skupina rezultati potvrđuju važnost heterotičkih obrazaca u formiranju visokoprinosnih kombinacija (Larièpe i sur., 2017). Diferencijacija efekta testera također potvrđuje postojanje različitih općih kombinatornih sposobnosti među roditeljskim linijama što je ključno za genomsko modeliranje i selekciju genotipova za učinkovitije korištenje dušika.

Rezultati analize komponenata varijance pokazali su da su na varijabilnost prinosa zrna kukuruza tijekom razdoblja istraživanja (2023.–2025.) utjecala godina pokusa ($\sigma^2 = 1.368$). Godina pokusa pokazala se kao najvažniji sustavni izvor varijabilnosti među faktorima što jasno potvrđuje snažan utjecaj agroekoloških uvjeta na formiranje prinosa. Tijekom istraživnog razdoblja zabilježene su razlike u temperaturi zraka i količini oborina između 2023., 2024. i 2025. godine. Godina 2024. bila je izuzetno topla i suha s minimalnom količinom oborina u srpnju i kolovozu (2,4 mm u kolovozu) što je uzrokovalo stres zbog suše i smanjenu oplodnju dok je 2025. imala više oborina i umjerenije temperature koje su pogodovale punjenju zrna. Ova izrazita među-godišnja varijabilnost okoliša odražava $G \times E$ dinamiku karakterističnu u kontinentalnim agroekološkim uvjetima (Zorić i sur., 2022). Stresni uvjeti mogu ograničiti usvajanje, remobilizaciju i efikasnu upotrebu N što može rezultirati smanjenjem prinosa i broja zrna ovisno o genotipu i razini stresa što potvrđuju Gallais i Hirel (2004) te Ciampitti i Lemaire (2022). Njihova istraživanja pokazuju da toplinski i vodni stres u fazi oplodnje može dovesti do smanjene učinkovitosti korištenja dušika (NUE) i pada broja zrna po klipu što je u potpunosti u skladu s varijacijama zabilježenim u ovom pokusu. Sličan obrazac zabilježili su Rogers i sur. (2021) koji su analizom više od 1900 hibrida kukuruza u 65 okolina utvrdili da $G \times E$ interakcije za prinos imaju veću važnost od samih genetskih glavnih efekata te da su dominantne i aditivne komponente sličnog reda veličine. Njihovi rezultati potvrđuju da toplinski i vodni stres u fazi cvatnje značajno utječe na iskoristivost dušika i fenotipsku stabilnost što je u skladu s

opaženom varijabilnošću u ovom istraživanju (Rogers i sur., 2021).

Efekt genotipa $\sigma^2G = 0.860$ predstavlja stabilan i statistički relevantan izvor varijabilnosti prinosa što potvrđuje da među ispitivanim križancima postoji značajna genetska diferencijacija u prinosu i učinkovitosti korištenja dušika. Visoka genetska varijabilnost potvrđuje postojanje genotipova s različitim sposobnostima usvajanja i asimilacije N što omogućuje preciznu selekciju pomoću genomskih modela (Mastrodomenico i sur., 2019; Bernardo, 2020). Prema Hallaueru i sur. (2010), visoka genetska varijanca za prinos ukazuje da svojstvo ima poligensku prirodu i da se može uspješno poboljšavati kroz selekciju. U ovom istraživanju genetski doprinos ($\sigma^2G = 0.860$) predstavlja približno 19 % ukupne fenotipske varijance što je u rangu s očekivanim vrijednostima za kompleksna kvantitativna svojstva poput prinosa i NUE (Gallais i Hirel, 2004; Bernardo, 2020).

Interakcija genotipa i godine je izrazito važna jer odražava genotipsku plastičnost, odnosno sposobnost hibrida da reagiraju različito na promjenjive okolišne uvjete. U ovom istraživanju $G \times Y$ varijanca iznosi 0,633 što znači da postoji umjerena, ali značajna varijabilnost u prinosu između godina među ispitivanim križancima. To je očekivano jer je u 2024. godini zabilježen toplinski stres i deficit oborina što je značajno utjecalo genotipove s manjom tolerancijom na sušu i nižom NUE. Prema Cooper i sur. (2016) i Ferrão i sur. (2020), upravo su $G \times Y$ interakcije ključne za razvoj višeokolinskih genomsko-prediktivnih modela jer omogućuju uključivanje okolišnih kovarijabli u procjenu genetskih učinaka. Rezultati istraživanja pokazuju da genotipovi s većom genetskom stabilnošću i tolerantnošću na promjenjive okolišne uvjete ostvaruju stabilan prinos u svim godinama što ih čini optimalnim kandidatima za selekciju u oplemenjivačkim programima usmjerenima na poboljšanje NUE i otpornost na abiotički stres (Ertiro i sur., 2020).

Efekt tretmana ($\sigma^2T = 0,323$) ukazuje da razina opskrbe dušikom ima manji doprinos ukupnoj varijanci prinosa u odnosu na klimatske faktore i genotip. To potvrđuje rezultate gdje su tretmani N69 i NFull dali vrlo slične medijane prinosa dok je N0 bio jasno niži.

Najveći udio ukupne varijabilnosti otpada na rezidualnu komponentu što je uobičajeno u pokusima s velikim brojem genotipova i heterogenim uvjetima u polju. Prostorne varijacije, mikroklimatske razlike i male pogreške u sjetvi i berbi često povećavaju ovu komponentu (Hallauer i sur., 2010). Međutim, mala varijanca ponavljanja (0,185) pokazuje da su mjerenja unutar bloka bila postojana što potvrđuje dobru tehničku izvedbu pokusa i homogenu eksperimentalnu površinu. Takva niska razina eksperimentalne pogreške omogućuje preciznije procjene fenotipskih vrijednosti čime se poboljšava pouzdanost pri predviđanju genetskog potencijala ispitivanih genotipova (Bernardo, 2002).

U pokusu je interakcija genotip $\times$ tretman ($\sigma^2 G \times T = 0.00$) što znači da svi ispitivani genotipovi reagiraju u istom smjeru na povećanje doze dušika, tj. nema genotipova koji bi izrazito pozitivno ili negativno reagirali na različite razine dušika. Autori prijašnjih istraživanja (Moll i sur., 1982; Gallais i Hirel, 2004) navode da kod hibrida koji imaju veći NUE najčešće ne variraju znatno pri različitim razinama opskrbe N. Također, Presterl i sur. (2003) navode da genotipovi tolerantni na nisku razinu dušika često zadržavaju stabilan prinos i pri smanjenoj gnojidbi. Izostanak interakcije genotip $\times$ tretman ($G \times T$) u poljskim pokusima ne mora nužno odražavati genetsku stabilnost ispitivanih genotipova. U nekim slučajevima razlog može biti u karakteristikama okoline ili dizajnu pokusa. Primjerice, Yan i Hunt (2001) su u višelokacijskim pokusima s ozimom pšenicom utvrdili da ekološka uniformnost i nedostatak stresnih uvjeta (npr. suša, deficit dušika) mogu spriječiti manifestaciju stvarnih genotipskih razlika u reakciji na okolinu. U takvim uvjetima eksperiment ne izaziva genotipove dovoljno da bi otkrio interakcije.

Ciampitti i Vyn (2012) navode da u uvjetima stresa poput suše ili povišenih temperatura ova interakcija može izostati što značajno otežava razlikovanje genotipskih odgovora jer suša ograničava transport N iz tla, svi genotipovi su podjednako ograničeni te izostaje $G \times N$ interakcija. Također, Bänziger i Lafitte (1997) navode da neznajna $G \times T$ interakcija u pokusima s niskim razinama dušika može biti rezultat nedovoljno kontrastnih tretmana. Ako su razlike u opskrbi dušikom premale, genotipovi ne reagiraju diferencirano što može lažno sugerirati stabilnost.

Na temelju navedenih komponenti izračunata je heritabilnost $H^2 = 0.7111 \pm 0.13$ što znači da oko 71 % ukupne fenotipske varijance prinosa potječe iz genetskih razlika među križancima. To ukazuje na visoku ponovljivost i pouzdanost pokusa te potvrđuje da je dizajn istraživanja bio optimalan za smanjenje eksperimentalne pogreške. Prema Hallauer i sur. (2010) heritabilnosti iznad 0,70 ukazuju na vrlo visoku točnost procjene genetskih vrijednosti što omogućuje učinkovitu selekciju hibrida i točnu procjenu kombinatornih sposobnosti. Bernardo (2020) dodatno ističe da visoka H^2 u mješovitim modelima povećava točnost genomske predikcije i omogućuje bržu genetsku dobit u selekcijskim ciklusima. U kontekstu ovog istraživanja, $H^2 = 0.7111$ znači da su fenotipski podaci o prinosu dovoljno pouzdani da se uspješno integriraju u genomske prediktivne modele kombinatornih sposobnosti. Time se omogućuje stvaranje modela koji preciznije kvantificiraju genetske učinke, smanjuju troškove fenotipizacije i povećavaju učinkovitost selekcije na prinos i NUE u varijabilnim agroekološkim uvjetima (Mastrodomenico i sur., 2019; Ferrão i sur., 2020).

Toplinska karta vrijednosti specifične kombinatorne sposobnosti za prinos između testera i oplemenjivačkih prikazuje da se vrijednosti SKS razlikuju među kombinacijama. Pri čemu linije AJ272.2020, AJ262.2020 i AJ156.2020 s testerom Os399 te AB568.2020 i AB538.2020 s testerom Os7215 ostvaruju najviše pozitivne SKS vrijednosti. Ove kombinacije predstavljaju potencijalne hibridne kombinacije s izraženim heterozisom i superiornim prinosom. Suprotno tome, linije VG697.2020 i AB511.2020 s Os399 te AJ258.2020 i VG616.2020 s Os7215 pokazuju negativne SKS vrijednosti što upućuje na slabiju genetsku kompatibilnost i niži potencijal prinosa. Ovakva raspodjela potvrđuje važnost genomske procjene SKS vrijednosti u selekciji roditelja jer se heterozis i kombinatorna sposobnost mogu točno kvantificirati već u ranim generacijama (Beyene i sur., 2015; Mastrodomenico i sur., 2019).

4.2. Analiza vlage zrna

Vlaga zrna u trenutku žetve predstavlja važan agronomski parametar jer utječe na troškove sušenja, skladištenje i tehnološku kvalitetu zrna. Analiza varijabilnosti vlage zrna provedena tijekom trogodišnjeg razdoblja (2023.–2025.) pokazala je da su na to svojstvo znatno više utjecali agroekološki uvjeti nego genetski ili faktor gnojidbe. Raspodjela vlage zrna kukuruza prikazuje da je vlaga zrna tijekom žetve bila pod većim utjecajem godine nego razine gnojidbe dušikom. Godine su se značajno razlikovale u prosječnoj vlazi zrna 2024. je imala najvišu prosječnu vlagu (oko 17–18 %), 2023. umjereno nižu (oko 16 %), dok je 2025. zabilježila najmanje vrijednosti (oko 14–15 %) uz veću raspršenost podataka. Veća varijabilnost u 2025. godini odražava toplije i suše uvjete dozrijevanja koji su ubrzali dehidraciju zrna. Takvi uvjeti rezultiraju nižim udjelom vlage pri žetvi što je u skladu s meteorološkim podacima o povišenim temperaturama i nižim oborinama tijekom kolovoza i rujna. Učinci tretmana dušikom bili su manji, ali vidljivi u obliku blagog povećanja vlage zrna s porastom doze N. Najniže vrijednosti vlage zabilježene su u kontrolnom tretmanu bez gnojidbe (N0) dok su tretmani N69 i NFull pokazali neznatno veće medijane vlage. Ovaj trend odražava poznati fiziološki učinak dušika, povećani unos N potiče vegetativni rast i produžuje fazu zelene lisne mase (*stay-green effect*) što može odgoditi fiziološko sazrijevanje i posljedično povećati vlagu zrna u trenutku žetve što također potvrđuju Fu i sur. (2020) u svojim istraživanjima.

Ukupno gledano, rezultati pokazuju da je vlaga zrna prvenstveno određena klimatskim uvjetima tijekom dozrijevanja, a u manjoj mjeri razinom gnojidbe dušikom. Najveće vrijednosti vlage zabilježene su u godinama s nižim temperaturama i većim oborinama dok

su više temperature i niža relativna vlaga zraka pridonijele bržem gubitku vlage i smanjenju potreba za naknadnim sušenjem zrna. Ovakvi

rezultati potvrđuju važnost uzimanja u obzir meteoroloških parametara pri interpretaciji fenotipskih podataka i planiranju žetve u poljskim pokusima. Kako su pokazali Cárcova i Otegui (2001) varijacije u temperaturi tijekom kritičnih razvojnih faza mogu promijeniti učinkovitost oplodnje i fiziološki razvoj zrna čime se indirektno utječe na vlažnost zrna u trenutku žetve. Distribucija vlage pokazala je bimodalni obrazac s dva izražena vrha na 13–14 % i 17–18 % što odražava dvije dominantne skupine uvjeta dozrijevanja između različitih godina. Takva bimodalnost naglašava da je godina odnosno okolina primarni izvor varijabilnosti vlage što potvrđuju i rezultati komponenata varijance. Najveća komponenta varijance pripada godini što jasno ukazuje da su klimatske razlike između vegetacijskih sezona (temperatura, oborine, vlaga zraka) bile glavni uzrok varijabilnosti vlage zrna. Rezidualna komponenta ima drugi najveći udio u ukupnoj varijanci što je uobičajeno u poljskim pokusima s velikim brojem genotipova i heterogenim uvjetima u polju, a slično navode Aguete i sur., (2019). Residual obuhvaća mikroklimatske razlike unutar parcela, prostorne varijacije tla, pogreške mjerenja te male nesavršenosti u sjetvi i žetvi. Visoka rezidualna varijanca potvrđuje da su okolinski mikrofaktori i lokalne neujednačenosti unutar eksperimentalne površine imali primjetan utjecaj na vlagu zrna.

Komponenta interakcija genotip $\times$ godina ($\sigma^2 = 0.669$) označava genotipsku plastičnost tj. sposobnost genotipova da različito reagiraju na klimatske uvjete pojedine godine. Umjerena vrijednost pokazuje da su genotipovi međusobno zadržali relativno stabilan rang po godinama, ali uz prisutne razlike u brzini dehidracije zrna. Ovakvi rezultati u skladu su s radovima Rogers i sur. (2021) i Ertiro i sur. (2020) koji navode da $G \times E$ interakcije u svojstvima povezanim s fiziologijom sazrijevanja i vlagom zrna često odražavaju različitu otpornost genotipova na temperaturni i vodni stres. Efekt genotipa među križancima za vlagu je $\sigma^2 = 0.184$ što ukazuje da genetska osnova brzine dehidracije zrna postoji, ali da je sekundarna u odnosu na faktor okoline. Ipak, stabilni genotipovi koji postižu nižu vlagu u svim uvjetima vrijedni su za oplemenjivačke programe jer smanjuju troškove dosušivanja i rizik od razvoja mikotoksina. Slično su potvrdili Li i sur., (2021) u svom radu gdje su istaknuli da genetski čimbenici objašnjavaju svega 6–12% varijacije u sadržaju vlage zrna dok okolišni faktori i vremenska dinamika dominiraju s udjelom od 44% do čak 73% ovisno o fazi dehidracije. Autori zaključuju da je genetska osnova brzine sušenja zrna prisutna, ali je njezin učinak sekundaran u odnosu na okolišne utjecaje i njihovu interakciju s genotipom. Utjecaj dušika na vlagu zrna je vrlo malen $\sigma^2 = 0.074$. to znači da razine N gnojidbe nisu

značajno utjecale na brzinu sazrijevanja ni na konačni sadržaj vlage u zrnu.

Slični rezultati bilježe se u istraživanjima Gallais & Hirel (2004) i Ciampitti & Lemaire (2022) gdje se ističe da N utječe primarno na prinos i biomasu, ali ne znatno na dinamiku sušenja zrna.

Suprotno tome Chazarreta i sur. (2025) u svom istraživanju navode da veće količine dušika mogu povećati masu zrna i odgoditi fiziološku zrelost što posredno dovodi do višeg sadržaja vlage u vrijeme žetve. Niska varijanca ponavljanja potvrđuje da je eksperimentalni dizajn bio stabilan i precizan s učinkovitim kontroliranjem prostorne varijabilnosti unutar blokova što je u skladu s nalazima Piepha i Williamsa (2010) koji ističu da mala pogreška unutar ponavljanja ukazuje na visoku preciznost i kvalitetu prostorne kontrole u terenskim pokusima. Odsutnost interakcije genotip x tretman pokazuje da genotipovi nisu različito reagirali na razine gnojidbe dušikom odnosno da je njihov odgovor na N bio konzistentan što potvrđuje stabilnost genotipskog odgovora na dušičnu opskrbu. U situacijama gdje nije zabilježena značajna interakcija genotip x tretman za vlagu zrna moguće je da okolišni čimbenici imaju dominantan utjecaj na fenotipski izražaj. Dosho i sur. (2022) pokazali su da čak i pod različitim razinama dušika genotipovi mogu reagirati slično ako su temperatura i vlažnost tla glavni pokretači fenotipske varijacije. Procijenjena heritabilnost ($H^2 = 0,342$) upućuje na umjerenu nasljednost ovog svojstva što znači da genetski čimbenici objašnjavaju oko 34 % ukupne fenotipske varijabilnosti vlage zrna. Heritabilnost je znatno niža nego za prinos što je očekivano s obzirom na dominantan utjecaj klimatskih uvjeta i mikroprostorne varijabilnosti (Weng i sur., 2022). Ipak, genotipovi s dosljedno nižom vlagom kroz više godina predstavljaju vrijedan oplemenjivački materijal za razvoj linija koje omogućuju raniju žetvu i manju potrebu za dosušivanjem.

Procijenjene efekte dvaju testera na varijablu vlage zrna kukuruza ukazuju na različite kombinatorne sposobnosti testera u pogledu sazrijevanja i fiziološke dehidracije zrna. Tester Os399 pokazuje negativan efekt tj. lagano smanjenje vlage zrna dok tester Os7215 pokazuje pozitivan efekt što znači da križanci nastali s Os7215 u prosjeku imaju nešto višu vlagu zrna u trenutku žetve. Negativan efekt Os399 može upućivati na ranije sazrijevanje i brže sušenje zrna dok pozitivan efekt Os7215 odgovara sporijoj dehidraciji zbog produženog vegetativnog rasta i „stay-green” fenotipa. Rezultati su u skladu s poznatim heterotičnim obrascima između BSSS i Iodent skupina linija gdje ukazuju na različite kombinatorne sposobnosti testera u pogledu sazrijevanja i fiziološke dehidracije zrna. Analiza kombinatornih sposobnosti ukazuje na različit potencijal testera za prijenos poželjnih svojstava vezanih uz sazrijevanje i fiziološku dehidraciju zrna. Chiuta i Mutengwa

(2020) pokazali su da testerer značajno variraju u sposobnosti snižavanja vlage zrna pri žetvi što implicira njihove različite alelne doprinose za trajanje vegetacije i otpornost na stres. Prikazana toplinska mapa specifičnih kombinatornih sposobnosti (SKS) za vlagu zrna između oplemenjivačkih linija i dva testera predstavljaju smjer i intenzitet efekta. Ovakva distribucija potvrđuje da se dinamika gubitka vlage zrna razlikuje među kombinacijama genotipova, ali da je ukupna varijabilnost umjerena. Rezultati upućuju na to da se SKS efekti za vlagu u ovom pokusu javljaju u manjem intenzitetu nego za prinos što je u skladu s literaturom koja navodi da je vlaga zrna svojstvo pod snažnim utjecajem okoline i s ograničenim dominantnim genetskim učinkom (Bernardo, 2020; Gallais & Hirel, 2004). U cjelini, rezultati pokazuju da je vlaga zrna svojstvo pod dominantnim utjecajem okolišnih faktora s umjerenom genetskom kontrolom i niskim interakcijama genotip $\times$ tretman. Godina je glavni izvor varijabilnosti dok genotip i $G \times Y$ interakcije doprinose stabilnosti i razlikama u brzini dehidracije zrna.

Ovakvi rezultati potvrđuju važnost višegodišnjih i višeokolinskih pokusa u procjeni stabilnosti genotipova te naglašavaju potrebu uključivanja kovarijabli okoline u genomske prediktivne modele kako bi se povećala točnost procjene genetskih vrijednosti za vlagu zrna i svojstva povezana s fiziološkim dozrijevanjem.

4.3. Analiza za hektolitarsku masu zrna

Rezultati analize hektolitarske mase ukazuju na izrazitu među-godišnju varijabilnost te umjeren genetski doprinos svojstvu što potvrđuje snažan utjecaj agroekoloških uvjeta na formiranje gustoće i kvalitete zrna kukuruza. Najveći doprinos ukupnoj varijabilnosti pripada rezidualu i godini istraživanja dok su genotip i interakcija genotip $\times$ godina također imali značajan udio što potvrđuje različitu reakciju genotipova kroz godine istraživanja. Takvi rezultati sukladni su nalazima Babić i sur. (2024) koji navode da svojstva poput hektolitarske mase imaju mjerljivu genetsku osnovu, ali i snažnu ovisnost o okolini i interakciji genotip $\times$ okolina. Procijenjena heritabilnost svojstva ($H^2 = 0,288$) upućuje na umjerenu nasljednost što znači da okolišni faktori imaju dominantan utjecaj na fenotipski izraz hektolitarske mase dok genetski doprinos ostaje stabilan, ali ograničen. Slične vrijednosti nasljednosti za fizičke karakteristike zrna navode Amuzu i sur. (2024) koji su u ispitivanju genotipova kukuruza pod uvjetima smanjene dostupnosti dušika utvrdili kako su masa i prinos zrna svojstva s umjerenom do visokom heritabilnošću pri čemu su vrijednosti heritabilnosti bile osjetljivo varijabilne ovisno o okolišnim uvjetima. Koji su za gustoću i masu zrna kukuruza utvrdili

značajnu, ali varijabilnu heritabilnost ovisnu o okolini. Analizom učinka tretmana dušikom utvrđeno je da povećanje doze dušika do određene razine pozitivno utječe na hektolitarsku masu, no razlika između srednje (N69) i visoke (NFull) razine nije bila značajna. Takav rezultat je u skladu s istraživanjima Omar i sur. (2022) koji su utvrdili da povećanje dušične gnojidbe kod kukuruza ne mora nužno rezultirati statistički značajnima promjenama u kvaliteti zrna uključujući hektolitarsku masu.

Suprotno tome, druge studije poput one Amanullah i Shah (2010) ističu pozitivan utjecaj optimalnog rasporeda primjene dušika na povećanje mase 100 zrna i pokazatelja kvalitete što može neizravno povećati i hektolitarsku masu. Distribucija hektolitarske mase pokazala je bimodalni karakter što upućuje na heterogenost materijala i različite reakcije genotipova. Weber i sur. (2014) navode da varijabilnost hektolitarske mase u kukuruzu može biti posljedica razlika u tvrdoći i gustoći zrna budući da struktura endosperma izravno utječe na fizikalna svojstva zrna heterogenost materijala može rezultirati pojavom multimodalnih obrazaca u raspodjeli pokazatelja kvalitete, uključujući hektolitarsku masu. Analiza efekta testera Os399 i Os7215 pokazala je različit smjer učinka na hektolitarsku masu. Tester Os7215 imao je pozitivan, a Os399 negativan efekt što ukazuje na različitu kombinaturnu sposobnost prijenosa gena koji utječu na gustoću zrna. Ovakav kontrast u efektima testera ukazuje na različitu genetsku sposobnost prijenosa svojstva hektolitarske mase. Tester Os7215 pokazuje bolju sposobnost prijenosa gena odgovornih za formiranje čvršćeg zrna što može biti posljedica boljeg fiziološkog statusa tijekom nalijevanja zrna i učinkovitijeg iskorištavanja dostupnih hraniva posebno dušika. Negativan efekt Os399 sugerira da ovaj tester doprinosi formiranju lakših, rjeđe strukturiranih zrna što može biti nepovoljno s aspekta tehnološke kvalitete.

U oplemenjivačkom kontekstu rezultati ovakve analize omogućuju prepoznavanje testera s poželjnim genetskim učinkom za svojstvo hektolitarske mase. Tester Os7215 može se stoga smatrati pogodnijim roditeljem za križanja u programima usmjerenima na poboljšanje kvalitete zrna i povećanje stabilnosti hektolitarske mase kroz različite agroekološke uvjete. Ovakvi rezultati upućuju na postojanje varijabilnosti u specifičnoj kombinacijskoj sposobnosti što je u skladu s nalazima Arellano-Vázquez i sur. (2023) koji su utvrdili značajne efekte OKS i SKS za hektolitarsku masu kod elitnih linija kukuruza. Toplinska karta specifičnih kombinaturnih sposobnosti pokazuje pozitivne i negativne interakcije između određenih križanaca što upućuje na postojanje komplementarnog djelovanja gena. U konačnici, ovi rezultati potvrđuju da je hektolitarska masa svojstvo koje se nalazi pod

složenom kontrolom genetskih i okolišnih čimbenika pri čemu su interakcije genotip $\times$ godina ključne za stabilnost izraza. Slične zaključke iznose Bongianino i sur. (2024) koji su u istraživanju različitih genotipova kukuruza utvrdili da kvaliteta zrna uključujući svojstva povezana s hektolitarskom masom i tvrdoćom endosperma u velikoj mjeri ovisi o utjecaju okoline i interakcijama genotip $\times$ okolina. Iako se genetski

napredak može postići selekcijom, uspješnost oplemenjivanja ovisit će o višegodišnjem vrednovanju materijala i pažljivoj procjeni kombinacijskih sposobnosti roditelja. Analiza SKS vrijednosti ključna je u oplemenjivačkim programima jer omogućuje identifikaciju hibridnih kombinacija s najvišim potencijalom za poboljšanje kvalitete zrna. U ovom istraživanju, identificirane pozitivne kombinacije predstavljaju vrijedan genetski materijal za daljnju selekciju dok križanja s negativnim SKS efektima treba pažljivije evaluirati ili isključiti iz budućih oplemenjivačkih ciklusa.

Ovi rezultati potvrđuju značaj pravilnog odabira roditeljskih linija kako bi se povećala efikasnost selekcije i osigurala genetska stabilnost svojstva hektolitarske mase u različitim agroekološkim uvjetima.

4.4. Učinkovitost genomske predikcije za svojstva zrna kukuruza

Genomska predikcija predstavlja suvremeni pristup u oplemenjivanju bilja kojim se pomoću molekularnih markera i statističkih modela predviđaju genetske vrijednosti jedinki prije fenotipskog testiranja. Njezina primjena omogućuje skraćivanje selekcijskog ciklusa i učinkovitije korištenje resursa što je od posebnog značaja u oplemenjivanju kukuruza. Rezultati genomske predikcije za prinos zrna u ovom istraživanju pokazali su umjerenu korelaciju između predviđenih i opaženih vrijednosti ($r = 0,374$ prije, $r = 0,391$ nakon rank transformacije). Ova razina točnosti pokazuje da je model unatoč složenosti svojstva uspješno prepoznao dio genetske varijabilnosti odgovorne za prinos. Iako je linearna povezanost bila stabilna uočena je određena raspršenost točaka oko regresijske linije što ukazuje na udio okolišnih i nestrukturnih izvora varijacije. To je u skladu s nalazima iz rada Costa-Neto i sur. (2021) koji naglašavaju da klasični genomski modeli bez okolišnih podataka ograničeno prepoznaju puni genetski potencijal u varijabilnim uvjetima. Također navode da prosječna točnost genomske predikcije za prinos kukuruza u poljskim uvjetima rijetko prelazi $r = 0,45$ do $0,55$, upravo zbog značajne interakcije genotip $\times$ okolina. U tom kontekstu vrijednost od r

= 0,39 potvrđuje funkcionalnost modela, ali i nužnost daljnje optimizacije populacije i markera. Povećanje točnosti nakon rank transformacije ukazuje da standardizacija i redukcija ekstremnih vrijednosti pozitivno utječu na stabilnost prediktivnih procjena. Takav učinak potvrđen je i kod Robertson i Mantysaari (2018) koji su pokazali da rangiranje fenotipskih vrijednosti može povećati predikcijsku robusnost osobito kada je prisutna visoka varijabilnost i asimetrična distribucija podataka. Navedeni podaci sugeriraju da je model genomske predikcije relativno dobro prepoznao genetsku komponentu za prinos, ali da značajan dio varijabilnosti ostaje neobjašnjen što je posljedica visokog doprinosa okolišnih čimbenika i interakcije genotip $\times$ godina.

Stoga se u oplemenjivačkom smislu genomska predikcija za prinos može koristiti kao alat za pred selekciju linija s višim genetskim potencijalom. Prinos zrna pokazuje najveći potencijal za genomsku selekciju među analiziranim svojstvima što je u skladu s njegovom visokom heritabilnošću ($H^2 = 0,71$) i stabilnom genetskom varijabilnošću. Rank transformacija poboljšava robusnost modela smanjenjem utjecaja odstupanja osobito kod svojstava s neidealnom distribucijom. U ovom slučaju poboljšanje točnosti ($\Delta r = +0.017$) potvrđuje da normalizacija fenotipskih vrijednosti doprinosi preciznijoj genomskoj procjeni.

Rezultati za vlagu zrna pokazali su negativnu korelaciju ($r = -0,167$ prije i $r = -0,188$ nakon transformacije) što ukazuje da model nije uspio pouzdano predvidjeti fenotipske vrijednosti ovog svojstva. Kaler i sur., (2022) navode da postoji ovisnost između heritabilnosti svojstva i točnosti genomske predikcije, svojstva s većom heritabilnošću su postigla veću prediktivnu točnost. Vлага zrna snažno ovisi o okolišnim uvjetima, mikroklimi, duljini vegetacije i položaju klipa što smanjuje genetski signal i otežava modelu preciznu predikciju. Iako svojstvo vlage zrna u ovom istraživanju pokazuje umjerenu heritabilnost ($H^2 = 0.342$) genomski modeli (GBLUP i rrBLUP) ostvarili su negativne korelacije između predviđenih i opaženih vrijednosti ($r = -0.167$ i $r = -0.188$). Ovakav rezultat ukazuje da unatoč prisutnoj genetskoj komponenti okolinski utjecaji i interakcije genotip $\times$ okolina smanjuju stabilnost genetskog signala. Sličan obrazac zabilježili su Luo i sur., (2024) koji navode da točnost genomske predikcije za sadržaj vode u zrnu snažno ovisi o okolišnim uvjetima i G $\times$ E interakcijama.

Negativne korelacije stoga proizlaze iz prevladavajuće okolinske varijabilnosti, ograničenog broja markera i mogućeg preprilagođavanja modela u uvjetima kada je visoka rezidualna varijanca, a mala genetska varijanca. Ovi nalazi potvrđuju da svojstva pod snažnim utjecajem okoline i niskom genetskom kontrolom kao što je vlaga zrna zahtijevaju proširenje modela uključivanjem okolinskih kovarijata i višelokacijskih podataka. Takav pristup omogućuje

modelu da obuhvati interakcije između genotipa i okoline ($G \times E$) čime se poboljšava točnost genomske predikcije. Jarquín i sur., (2014) pokazali su da uključivanje okolinskih varijabli u tzv. *reaction norm* modelu može se povećati točnost genomske predikcije za kompleksna svojstva pod utjecajem okoline za 17–34 % ovisno o vrsti svojstva i strukturi podataka. To potvrđuje važnost modela koji integriraju informacije o okolini i $G \times E$ interakcijama u genomske analize svojstava kao što je vlaga zrna čija je fenotipska varijabilnost uvelike uvjetovana okolinskim razlikama. Negativne korelacije ukazuju da fenotipske vrijednosti vlage nisu bile konzistentno povezane s genetskom strukturom markera što može biti posljedica malog uzorka heterogenih uvjeta ili niske pouzdanosti fenotipskih mjerenja. Crossa i sur., (2017) u svom istraživanju navode da neprecizna fenotipizacija može uzrokovati nestabilnost modela i negativne prediktivne korelacije.

Kod svojstva hektolitarske mase nije utvrđena linearna povezanost koja je iznosila nakon *rank* transformacije ($r = 0,043$) i prije ($r = -0,072$). Ovakav rezultat sugerira da genomski model nije uspio precizno prepoznati genetske uzorke koji određuju gustoću i strukturu zrna. Takva ograničena točnost je u potpunosti očekivana jer hektolitarska masa ima umjerenu heritabilnost ($H^2 = 0,2882$ u ovom istraživanju) i snažan utjecaj okoline i $G \times E$ interakcija. Kako se prije navelo heritabilnost značajno utječe na predikcijsku točnost svojstva s višom heritabilnošću i stabilnijim genetskim efektima imala su bolju prediktivnu točnost od složenih agronomskih svojstava poput prinosa. U istraživanju Bongianino i sur., (2024) potvrđeno je da parametri povezani s kvalitetom zrna u najvećoj mjeri ovise o okolinskim uvjetima pri čemu okolina i interakcije genotip $\times$ okolina objašnjavaju blizu 50 % ukupne varijabilnosti. To je u potpunosti u skladu s nalazom da model ima nisku prediktivnu moć za hektolitarsku masu, ali i da primjena *rank* transformacije smanjuje asimetriju distribucije i djelomično poboljšava stabilnost procjene. *Rank* transformacija ublažila je utjecaj ekstremnih vrijednosti i povećala homogenost varijance čime je omogućila modelu da bolje prepozna genetske uzorke iako ukupna prediktivna moć ostaje niska. Rezultati genomske predikcije hektolitarske mase potvrđuju da *rank* transformacija može stabilizirati modele i smanjiti šum. Točnost predikcije ostaje ograničena zbog slabe heritabilnosti i kompleksne genetske arhitekture svojstva. Stoga takvi rezultati upućuju na to da se genomska predikcija za hektolitarsku masu može koristiti kao dopunski alat u selekciji.

U svim analiziranim svojstvima primjena *rank* transformacije rezultirala je poboljšanjem stabilnosti regresijske veze i smanjenjem heteroskedastičnosti. Normalizacija fenotipskih vrijednosti ključna je za robusnost modela GBLUP/rrBLUP jer omogućuje homogeniju distribuciju i smanjuje utjecaj ekstremnih vrijednosti. U ovom istraživanju pozitivni pomak

korelacije nakon transformacije potvrđuje korisnost takvog pristupa i naglašava važnost pravilne pripreme podataka za modeliranje. Rezultati ukazuju da genomska predikcija ima umjerenu dobru učinkovitost za prinos, ograničenu za vlagu zrna te vrlo nisku za hektolitarsku masu. To potvrđuje da genomska predikcija nije univerzalno primjenjiva u jednakoj mjeri na sva svojstva već da njezina točnost ovisi o genetskoj osnovi i stabilnosti svojstva. Za svojstva s visokom heritabilnošću i stabilnim genetskim efektima GBLUP i srodni modeli daju korisne procjene dok za svojstva s jakim okolinskim utjecajem (vlaga, hektolitarska masa) treba koristiti proširene modele koji uključuju okolinske kovarijance, $G \times E$ interakcije i nelinearne efekte.

Takav integrirani pristup potvrđen je u radovima poput Crossa i sur., (2021) koji ističu važnost kombiniranja genomske, fenotipske i okolišne informacije radi povećanja prediktivne točnosti, ubrzanja genetskog napretka te smanjenja troškova i trajanja selekcijskih ciklusa. U konačnici, rezultati potvrđuju da genomska predikcija ima primjenjivost u oplemenjivanju kukuruza, ali uz oprez i prilagodbu modela svojstvu koje se predviđa. Za prinos zrna ona može služiti kao snažan alat za ranu selekciju, dok se za svojstva poput vlage i hektolitarske mase preporučuje kombinacija genomske i tradicionalne fenotipske evaluacije u više okolina kako bi se osigurala stabilnost i pouzdanost procjene genetske vrijednosti.

5. ZAKLJUČAK

Rezultati provedenog trogodišnjeg istraživanja pružaju sveobuhvatnu sliku o međudjelovanju genetskih, okolinskih i agronomskih čimbenika koji određuju fenotipski izražaj ključnih svojstava zrna kukuruza, uključujući prinos, vlagu i hektolitarsku masu te njihove procjene i unapređenja primjenom suvremenih genomskih prediktivnih modela. Dobiveni rezultati potvrđuju da se u kontinentalnim uvjetima Slavonije, obilježenima sve izraženijim oscilacijama u raspoloživosti oborina i temperaturi zraka fenotipska varijabilnost prinosa, vlage i hektolitarske mase ne može tumačiti izvan konteksta okolinskih ograničenja. Ovaj rad pokazuje da se genetski potencijal testiranih križanaca u fazama kada su temperature, vlažnost i raspoloživost dušika ključni za rast i razvoj biljke očituje samo u onoj mjeri u kojoj im to dopušta okolina. Takvi uvjeti u tri godine pokusa bili su dovoljno različiti da omoguće pouzdanu i reprezentativnu procjenu genetske plastičnosti, stabilnosti i kombinatorne sposobnosti analiziranih linija. Ostvareni prinosi u analiziranom razdoblju jasno pokazuju da se visoki prinos kukuruza može ostvariti i u uvjetima abiotičkog stresa, ali samo kod genotipova koji posjeduju odgovarajuću genetsku otpornost. U godinama u kojima su vladale visoke temperature i suša u fazi oplodnje utvrđene su veće razlike među genotipovima, što potvrđuje da se stvarno vrijedne razlike u oplemenjivačkom materijalu očituju upravo u stresnim uvjetima, a ne u optimalnoj proizvodnji. Nasuprot tome, zbog izraženih stresnih okolinskih uvjeta posebno toplinskog stresa i deficita oborina genotipovi nisu imali mogućnost diferenciranog odgovora na razine dušične gnojidbe što je jedan od uzroka koji su ograničili manifestaciju $G \times T$ interakcije. Time se potvrđuje važnost provođenja pokusa kroz više godina i okolina, ali i važnost razumijevanja $G \times E$ interakcija budući da se genotipovi koji su stabilni pri stresu pokazuju najvrjednijima za razvoj novih hibrida. Ovi nalazi podupiru sve jače isticanu potrebu da se oplemenjivačke populacije testiraju u raznolikim i nepredvidljivim uvjetima kako bi se pouzdano identificirale linije s pravim potencijalom za stabilnost prinosa u klimatski sve zahtjevnijim agroekološkim sustavima.

Analize komponenata varijance za prinos, vlagu i hektolitarsku masu potvrđuju složenu arhitekturu ovih svojstava. Iako je prinos bio najsnažnije obilježen okolinskim razlikama među godinama genetska komponenta ostala je stabilna i dovoljno visoka da omogući pouzdanu selekciju. To upućuje na činjenicu da čak i u izrazito sušnim godinama genetske razlike ne nestaju naprotiv, mogu postati vidljivije osobito kod križanaca koji posjeduju nepovoljnije kombinacije alela odgovorne za fiziološke procese poput efikasnosti

fotosinteze, transporta asimilata i formiranja zrna. Suprotno tome, dinamika vlage zrna i hektolitarske mase pokazala je znatno veće oscilacije što ukazuje na to da okolinske prilike u razdoblju dozrijevanja imaju presudnu ulogu u određivanju tehnološke kvalitete zrna te da za ta svojstva selekcijske odluke moraju biti temeljene isključivo na višegodišnjim podacima.

Rezultati procjene opće i specifične kombinatorne sposobnosti dvaju testera (Os399 i Os7215) potvrđuju vrijednost heterotičkih obrazaca u stvaranju superiornih kombinacija. Jasna diferencijacija testera u smjeru i intenzitetu njihovih učinaka pokazuje da izbor testera nije samo tehničko pitanje nego strateška odluka koja određuje kvalitetu informacija o oplemenjivačkom materijalu. Time se potvrđuje važnost korištenja testera iz različitih heterotičkih skupina, ali i potreba za njihovim pažljivim vrednovanjem kako bi se prepoznalo koje kombinacije linija nose najveći potencijal za povećanje prinosa i poboljšanje kvalitete zrna. U kontekstu sve jačeg fokusa na precizno oplemenjivanje ovakva evaluacija testera predstavlja ključnu fazu u identificiranju roditelja za razvoj hibrida nove generacije.

Upravo se na toj poveznici između fenotipskih analiza i prediktivnih genetskih modela nalazi drugi temeljni doprinos ove disertacije, evaluacija mogućnosti genomske predikcije u selekciji oplemenjivačkih linija kukuruza. Primjena GBLUP/rrBLUP modela omogućila je procjenu genetske vrijednosti križanaca i procjenu specifične kombinatorne sposobnosti na temelju molekularnih markera što predstavlja značajan iskorak u odnosu na tradicionalno oslanjanje isključivo na fenotipska opažanja. Dobiveni rezultati pokazuju da se genomska predikcija može uspješno primijeniti za svojstva poput prinosa gdje je genetska komponenta visoka i gdje je fenotipski signal dovoljno stabilan kroz različite godine. Umjereno visoke korelacije u ovom istraživanju unatoč snažnom utjecaju okoline potvrđuju da su modeli poput GBLUP-a prikladni za ranu selekciju linija s visokim potencijalom čime se znatno skraćuje vrijeme potrebno za razvoj novog oplemenjivačkog materijala. Istodobno, niske i negativne korelacije za vlagu i hektolitarsku masu jasno ukazuju na ograničenja linearnih genomskih modela kada je riječ o svojstvima pod snažnim utjecajem okolinskih uvjeta i mikroprostorne heterogenosti. Ovi nalazi nisu slabost modela nego važna spoznaja za daljnji razvoj metodologije. Upozoravaju da se uspješnost genomske predikcije ne može promatrati izvan konteksta biološke prirode svojstva te da svojstva s niskom genetskom kontrolom zahtijevaju drugačiji pristup tj. integraciju okolinskih kovarijata, reakcijskih normi ili nelinearnih modela strojnog učenja. Ovakva opažanja čine temelj za daljnji razvoj

prediktivnog oplemenjivanja gdje se genomika više ne promatra izolirano nego u interakciji s okolinom.

Istraživanje provedeno u ovoj disertaciji potvrđuje da se model genomske selekcije ne može uspješno primijeniti bez visokokvalitetnih fenotipskih podataka. Višegodišnji pokusi provedeni u uvjetima s prirodno induciranim klimatskim stresovima pokazali su koliko je važno zadržati visok stupanj tehničke preciznosti kako bi se fenotipski podaci mogli pouzdano integrirati u genomske modele. Preciznost procjene fenotipa i stabilna eksperimentalna izvedba temelj su svakog uspješnog prediktivnog modela što potvrđuje da genomika ne zamjenjuje poljske pokuse, nego ih nadopunjuje.

Znanstveni doprinos ove disertacije ogleda se na nekoliko međusobno povezanih razina. Prvo, rad daje prvu sistematsku integraciju analize kombinatornih sposobnosti $G \times E$ interakcija i genomske predikcije na oplemenjivačkom materijalu Poljoprivrednog instituta Osijek čime se otvara mogućnost implementacije potpuno novih selekcijskih strategija. Drugo, potvrđeno je da svojstva visoke heritabilnosti poput prinosa mogu biti stabilno i pouzdano predviđena genomskim modelima što značajno skraćuje selekcijski ciklus i omogućuje bržu identifikaciju superiornih genotipova. Treće, ovaj rad otkriva ograničenja klasičnih linearnih modela u predviđanju svojstava pod snažnim utjecajem okoline te ukazuje na potrebu razvoja integriranih prediktivnih sustava koji objedinjuju molekularne markere, okolinske podatke i nelinearne funkcionalne modele. Četvrto, izrađena je detaljna evaluacija utjecaja klimatskih ekstrema na fenotipski izražaj agronomskih svojstava što predstavlja doprinos u kontekstu klimatskih promjena. Konačno, rezultati imaju izravan praktični značaj za oplemenjivanje kukuruza, omogućavaju precizniji odabir roditeljskih linija, racionalniju uporabu dušika te razvoj hibrida s većom stabilnošću prinosa i boljom prilagodljivošću na klimatski stres. Ovim se istraživanjem stvara temelj za buduću primjenu genomske selekcije u oplemenjivačkim programima na Poljoprivrednom institutu Osijek te potvrđuje da integracija genomske i fenotipske informacije predstavlja jedan od najučinkovitijih puteva prema unapređenju produktivnosti, stabilnosti i održivosti proizvodnje kukuruza u uvjetima klimatskih izazova pred kojima je suvremena poljoprivreda sve više izložena.

6. LITERATURA

1. Abubakar, A. W., Manga, A. A., Kamara, A. Y., Tofa, A. I. (2019): Physiological evaluations of maize hybrids under low nitrogen. *Advances in Agriculture*, 2019, 1–6. doi:10.1155/2019/2624707
2. Aguete, F., Crossa, J., Balzarini, M. (2019): Effect of missing values on variance component estimates in multienvironment trials. *Crop Science*, 59(1), 104–119. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.03.0209>
3. Amanullah, Shah, P. (2010): Timing and rate of nitrogen application influence grain quality and yield in maize planted at high and low densities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(1), 21–29. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3769>
4. Amuzu, G., Ribeiro, P. F., Asante, M. D. (2024): Genetic studies of extra early maize genotypes under low nitrogen. *Agricultural and Food Science Journal of Ghana*. Retrieved from <https://www.ajol.info/index.php/afsjg/article/view/278056>
5. Arellano-Vázquez, J. L., Gutiérrez-Hernández, G. F., Ceja-Torres, L. F., Flores-Gómez, E., García-Ramírez, E., Quiroz-Figueroa, F. R., Vázquez-Lozano, P. (2023): Combining ability and reciprocal effects for the yield of elite blue corn lines from the Central Highlands of Mexico. *Plants*, 12(22), 3861. <https://doi.org/10.3390/plants12223861>
6. Asibi, A. E., Chai, Q., A. Coulter, J. (2019): Mechanisms of nitrogen use in maize. *agronomy*, 9(12), 775. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120775>
7. Bänziger, M., Lafitte, H. R. (1997): Efficiency of secondary traits for improving maize for low-nitrogen target environments. *Crop Science*, 37(4), 1110–1117. <https://doi.org/10.2135/cropsci1997.0011183x003700040013x>
8. Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., Walker, S. (2015): Fitting linear mixed-effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48.
9. Babić, V., Nikolić, V., Babić, M., Kravić, N., Pavlov, J., Žilić, S., Čamdžija, Z., Filipović, M. (2024): Elite maize lines having variability in quality parameters—a valuable starting material for grain quality-oriented breeding programs. *Agriculture*, 14(12), 2122. DOI: 10.3390/agriculture14122122.
10. Hirel, B., Lea, P. J. (2018): Genomics of nitrogen use efficiency in maize: from basic approaches to agronomic applications. In: Bennetzen, J., Flint-Garcia, S., Hirsch, C., Tuberosa, R. (eds) *The maize genome. Compendium of plant genomes*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97427-9_16

11. Bernardo, R. (1992): Relationship between single-cross performance and molecular marker heterozygosity. *Theoretical and Applied Genetics*, 83(5). <https://doi.org/10.1007/BF00226908>
12. Bernardo R. (2008): Molecular markers and selection for complex traits in plants: learning from the last 20 years. *Crop Sci.* 48, 1649–1664
13. Bernardo, R. (2002): Breeding for quantitative traits in plants (2nd ed.). Stemma Press.
14. Bernardo, R. (2020): Reinventing quantitative genetics for plant breeding: something old, something new, something borrowed, something BLUE. *Heredity* 125, 375–385. doi:10.2135/cropsci1996.0011183X00360001000
15. Bertin, P., and A. Gallais. (2000): Genetic variation for nitrogen use efficiency in a set of recombinant maize inbred lines I. Agrophysiological results. *Maydica* 45:53–66
16. Beyene, Y., Gowda, M., Olsen, M., Robbins, K. R., Pérez-Rodríguez, P., Alvarado, G., i sur. (2019): Empirical comparison of tropical maize hybrids selected through genomic and phenotypic selections. *Front. Plant Sci.* 10:1502. doi: 10.3389/fpls.2019.01502
17. Beyene, Y., Semagn, K., Mugo, S., Tarekegne, A., Babu, R., Meisel, B., Sehabiague, P., Makumbi, D., Magorokosho, C., Oikeh, S. O., Gakunga, J., Vargas-Hernández, M., Olsen, M., Prasanna, B. M., Bänziger, M., Crossa, J. (2015): Genetic gains in grain yield through genomic selection in eight biparental maize populations under drought stress. *Crop Science*, 55(1), 154–163. <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.07.0460>
18. Bloom, A. J. (2015): The increasing importance of distinguishing among plant nitrogen sources. *Curr Opin Plant Biol* 25:10–16
19. Boer, M. P., Wright, D., Feng, L., Podlich, D. W., Luo, L., Cooper, M., van Eeuwijk, F. A. (2007): A mixed-model quantitative trait loci (QTL) analysis for multiple-environment trial data using environmental covariables for QTL-by-environment interactions, with an example in maize. *Genetics*, 177, 1801–1813. <https://doi.org/10.1534/genetics.107.071068>
20. Bongianino, N. F., Steffolani, M. E., Morales, C. D., Biasutti, C. A., León, A. E. (2024): Semi-arid environmental conditions and agronomic traits impact on the grain quality of diverse maize genotypes. *Plants*, 13(17), 2482. <https://doi.org/10.3390/plants13172482>
21. Bonnett, D. G., Rebetzke, G. J., Spielmeyer, W. (2005): Strategies for efficient implementation of molecular markers in wheat breeding. *Mol. Breed.* 15:75–85
22. Campos, H., Cooper, M., Edmeades, G. O., Löffler, C., Schussler, J. R., Ibanez M. (2006): Changes in drought tolerance in maize associated with fifty years of breeding for yield in the US corn belt. *Maydica* 51:369– 81

23. Cárcova, J., Otegui, M. E. (2001): Ear temperature and pollination timing effects on maize kernel set. *Crop Science*, 41(6), 1809–1815. doi.org/10.2135/cropsci2001.1809
24. Castaldelli, G., Colombani, N., Soana, E., Vincenzi, F., Fano, E. A., Mastrocicco, M. (2019): Reactive nitrogen losses via denitrification assessed in saturated agricultural soils. *Geoderma* 337:91–98.
25. Chazarreta, Y.D., Prado, S.A., Otegui, M.E. (2025): Kernel weight and source/sink dynamics of temperate maize hybrids for diverse end uses across contrasting environments. *Field Crops Research*. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109217>
26. Chiuta, N. E., Mutengwa, C. S. (2020): Combining ability of quality protein maize inbred lines for yield and morpho-agronomic traits under optimum as well as combined drought and heat-stressed environments. *Agronomy*, 10(2), 184. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020184>
27. Ciampitti, I. A., Lemaire, G. (2022): From use efficiency to effective use of nitrogen: A dilemma for maize breeding improvement. *Science of The Total Environment*, 826, 154125. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154125>
28. Ciampitti, I. A., Vyn, T. J. (2012): Physiological perspectives of changes over time in maize yield response to nitrogen. *Field Crops Research*, 133, 48–67. doi.org/10.1016/j.fcr.2012.03.008
29. Conover, W. J., Iman, R. L. (1981): Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. *The American Statistician*, 35(3), 124–129.
30. Cooper, M., Messina, C.D. (2021): Can we harness "enviromics" to accelerate crop improvement by integrating breeding and agronomy? *Front Plant Sci.* 2021;12:735143. doi:10.3389/fpls.2021.735143
31. Cooper, M., Technow, F., Messina, C., Gho, C., Totir, L. R. (2016): Use of crop growth models with whole-genome prediction: Application to a maize multienvironment trial. *Crop Science*, 56, 2141–2156. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.08.0512>
32. Combs, E., Bernardo, R. (2013): Accuracy of genomewide selection for different traits with constant population size, heritability, and number of markers. *The Plant Genome* 6: 1-7, doi: 10.3835/plantgenome2012.11.0030
33. Costa-Neto, G., Crossa, J., Fritsche-Neto, R. (2021): Enviromic assembly increases accuracy and reduces costs of the genomic prediction for yield plasticity in maize. *Frontiers in Plant Science*, 12, 717552. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.717552>
34. Crossa, J., Fritsche-Neto, R., Montesinos-López, O. A., Costa-Neto, G., Dreisigacker, S., Montesinos-López, A., Bentley, A. R. (2021): The modern plant breeding triangle:

- Optimizing the use of genomics, phenomics, and enviromics data. *Frontiers in Plant Science*, 12, 651480. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.651480>
35. Crossa, J., Pérez-Rodríguez, P., Cuevas, J., Montesinos-López, O., Jarquín, D., de los Campos, G., Burgueño, J., M. Camacho-González, J., Pérez-Elizalde, S., Beyene, Y., Dreisigacker, S., Singh, R., Zhang, X., Gowda, M., Roorkiwal, M., Rutkoski, J., Varshney, R. K. (2017): Genomic selection in plant breeding: Methods, models, and perspectives. *Trends in Plant Science*, 22, 961–975. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.08.011>
 36. Covarrubias-Pazaran, G. (2016): Genome-assisted prediction of quantitative traits using the R package sommer. *PLOS ONE*, 11(6): e0156744.
 37. Das, B., Atlin, G. N., Olsen, M., Burgueño, J., Tarekegne, A., Babu, R., Ndou, E. N., Mashingaidze, K., Moremoholo, L., Ligeyo, D., Matemba-Mutasa, R., Zaman-Allah, M., San Vicente, F., Prasanna, B. M., Cairns, J. E. (2019): Identification of donors for low-nitrogen stress with maize lethal necrosis (MLN) tolerance for maize breeding in sub-Saharan Africa. *Euphytica* 215:80. doi: 10.1007/s10681-019-2406-5
 38. DeLacy, I. H., Basford, K. E., Cooper, M., Bull, J. K., McLaren, C. G. (1996): Analysis of multienvironment trials—an historical perspective. In: Cooper M, Hammer G (eds) *Plant adaptation and crop improvement*. CAB International, Wallingford, pp 39–124
 39. Dekkers, J. C. M., Hospital, F. (2002): The use of molecular genetics in the improvement of agricultural populations. *Nature Reviews: Genetics* 3: 22-32, DOI: 10.1038/nrg701
 40. Duvick, D. N. (2005): The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). *Advances in Agronomy* Volume 86, 83–145 doi:10.1016/s0065-2113(05)86002-x
 41. Duvick, D. N., Cassman, K. G. (1999): Post–Green Revolution trends in yield potential of temperate maize in the north-central United States. *Crop Sci.* 39:1622–30
 42. Dosho, B. M., Ifie, B. E., Asante, I. K., Danquah, E. Y. (2022): Genotype-by-environment interaction and yield stability for grain yield of quality protein maize hybrids under low and optimum soil nitrogen environments. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 25, 157–170. <https://doi.org/10.1007/s12892-022-00143-7>
 43. East E. M. (1936). Heterosis. *Genetics* 21 375–397. 10.1093/genetics/21.4.375
 44. Endelman, J. B. (2011): Ridge regression and other kernels for genomic selection with R package rrBLUP. *The Plant Genome*, 4(3), 250–255.
 45. Ertiro, B. T., Labuschagne, M., Olsen, M., Das, B., Prasanna, B. M., Gowda, M. (2020): Genetic dissection of nitrogen use efficiency in tropical maize through genome-wide association and genomic prediction. *Frontiers in Plant Science*, 11, 474. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00474>

46. Fan, X., Tang, Z., Tan, Y., Zhang, Y., Luo, B., Yang, M., Lian, X., Shen, Q., Miller, A. J., Xu, G. (2016): Overexpression of a pH-sensitive nitrate transporter in rice increases crop yield. *Proc Natl Acad Sci USA* 113:7118–7123
47. Ferrão, L. F. V., Marinho, C. D., Munoz, P. R., Resende, M. F. R. Jr (2020): Improvement of predictive ability in maize hybrids by including dominance effects and marker × environment models. *Crop Sci.* <https://doi.org/10.1002/csc2.20096>
48. Fu, W., Wang, Y., Ye, Y., Zhen, S., Zhou, B., Wang, Y., Hu, Y. (2020): Grain yields and nitrogen use efficiencies in different types of stay-green maize in response to nitrogen fertilizer. *Plants*, 9(4), 474. <https://doi.org/10.3390/plants9040474>
49. Ganai, M. W., Durstewitz, G., Polley, A., Bérard, A., Buckler, E. S., Charcosset, A., Clarke, J. D., Graner, E. M., Hansen, M., Joets, J., Le Paslier, M. C., McMullen, M. D., Montalent, P., Rose, M., Schön, C. C., Sun, Q., Walter, H., Martin, O. C., Falque, M. (2011): A large maize (*Zea mays* L.) SNP genotyping array: development and germplasm genotyping, and genetic napping to compare with the B73 reference genome. *PLoS ONE* 6(12): e28334. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028334>
50. Galic, V., Franic, M., Jambrovic, A., Ledencan, T., Brkic, A., Zdunic, Z., Simic, D. (2019): Genetic correlations between photosynthetic and yield performance in maize are different under two heat scenarios during flowering. *Front. Plant Sci.* 10:566. doi: 10.3389/fpls.2019.00566
51. Galic, V., Mazur, M., Brkic, A., Brkic, J., Jambrovic, A., Zdunic, Z., Simic, D.(2020a): Seed weight as a covariate in association and prediction studies for biomass traits in maize seedlings. *Plants*. 2020; 9(2):275. <https://doi.org/10.3390/plants9020275>
52. Galic, V., Mazur, M., Šimić, D., Zdunić, Z., Franić, M. (2020b): Plant biomass in salt-stressed young maize plants can be modelled with photosynthetic performance. *Photosynthetica* 58 (SI): 194-204, 2020. doi:10.32615/ps.2019.131
53. Gallais, A., Hirel, B. (2004): An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. *Journal of Experimental Botany*, Vol 55, Issue 396: 295–306, <https://doi.org/10.1093/jxb/erh006>
54. Garcia, A. A., Wang, S., Melchinger, A. E., Zeng, Z. B. (2008). Quantitative trait loci mapping and the genetic basis of heterosis in maize and rice. *Genetics* 180, 1707–1724. doi: 10.1534/genetics.107.082867
55. Garnett, T., Conn, V., Plett, D., Conn, S., Zanghellini, J., Mackenzie, N., Enju, A., Francis, K., Holtham, L., Roessner, U., Boughton, B., Bacic, A., Shirley, N., Rafalski, A., Dhugga,

- K., Tester, M., Kaiser, B. N. (2013): The response of the maize nitrate transport system to nitrogen demand and supply across the lifecycle. *New Phytol* 198:82–94
56. Gianola, D., de los Campos, G., Hill, W. G., Manfredi, E., Fernando, R. (2009): Additive genetic variability and the Bayesian alphabet. *Genetics*, 183, 347–363. <https://doi.org/10.1534/genetics.109.103952>
 57. Govindasamy, P., Muthusamy, S. K., Bagavathiannan, M., Mowrer, J., Jagannadham, P. T. K., Maity, A., Halli, H. M., G K, S., Vadivel, R., T K, D., Raj, R., Pooniya, V., Babu, S., Rathore, S. S., L, M., Tiwari, G. (2023): Nitrogen use efficiency—a key to enhance crop productivity under a changing climate. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1121073. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1121073>
 58. Guo, J., Jia, Y., Chen, H., Zhang, L., Yang, J., Zhang, J., Hu, X., Ye, X., Li, Y., Zhou, Y. (2019): Growth, photosynthesis, and nutrient uptake in wheat are affected by differences in nitrogen levels and forms and potassium supply. *Sci. Rep.* 2019, 9, 1248.
 59. Hallauer, A. R., Carena, M. J., Miranda Filho, J. B. (2010): Quantitative genetics in maize breeding. Springer LLC, NY, USA. DOI: 10.1007/978-1-4419-0766-0
 60. Han, M., Okamoto, M., Beatty, P. H., Rothstein, S. J., Good, A. G. (2015): The genetics of nitrogen use efficiency in crop plants. doi:10.1146/annurev-genet-112414-055037
 61. Heffner, E. L., Sorrells, M. E. i Jannink, J. L. (2009): Genomic selection for crop improvement. *Crop Science*, 49, 1–12. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.08.0512>
 62. Hirel, B., Gallais, A. (2011): Nitrogen use efficiency— physiological, molecular and genetic investigations towards crop improvement. In: Prioul, J. L., Thévenot, C., Molnar, T. (eds) *Advances in maize, essential reviews in experimental biology*, vol 3. Society for Experimental Biology, UK, pp 285–310
 63. Jambrović, A., Šimić, D., Ledenčan, T., Zdunić, Z., Brkić, I. (2008): Genetic diversity among maize (*Zea mays* L.) inbred lines in Eastern Croatia. *Periodicum biologorum*, 110(3), 251-255. <https://hrcak.srce.hr/32575>
 64. Jannink, J. L., Lorenz, A. J., Iwata, H. (2010): Genomic selection in plant breeding: From theory to practice. *Brief. Funct. Genom*, 9, 166– 177. <https://doi.org/10.1093/bfgp/elq001>
 65. Jarquín, D., Crossa, J., Lacaze, X., Cheyron, P., Daucourt, J., Lorgeou, J., Piraux, F., Guerreiro, L., Pérez, P., Calus, M., Burgueño, J., de los Campos, G. (2014): A reaction norm model for genomic selection using high-dimensional genomic and environmental data. *Theoretical and Applied Genetics*, 127(3), 595–607. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2243-1>

66. Jones, D. F. (1917): Dominance of linked factors as a means of accounting for heterosis. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 3(4):310–312. 10.1073/pnas.3.4.310
67. Kamprath E. J., Moll R. H. , Rodriguez N. (1982): Effects of nitrogen fertilization and recurrent selection on performance of hybrid populations of corn. *Agron. J.* 74:955–58
68. Kearsey, M. J., Farquhar, A. G. L. (1998): QTL analysis in plants; where are we now? *Heredity* 80:137–42
69. Kunrath, T. R., Lemaire, G., Teixeira, E., Brown, H. E., Ciampitti, I. A., Sadras, V. O. (2020): Allometric relationships between nitrogen uptake and transpiration to untangle interactions between nitrogen supply and drought in maize and sorghum. *European Journal of Agronomy*, 120, 126145. doi:10.1016/j.eja.2020.126145
70. Larièpe, A., Moreau, L., Laborde, J. Bauland, C., Mezrouk, S., Décousset, L., Mary-Huard, T., Fiévet, J. B., Gallais, A., Dubreuil, P., Charcosset, A. (2017): General and specific combining abilities in a maize (*Zea mays* L.) test-cross hybrid panel: relative importance of population structure and genetic divergence between parents. *Theor Appl Genet* 130, 403–417 <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2822-z>
71. Li, P., Chen, F., Cai, H., Liu, J., Pan, Q., Liu, Z., Gu, R., Mi, G., Zhang, F., Yuan, L. (2015): A genetic relationship between nitrogen use efficiency and seedling root traits in maize as revealed by QTL analysis. *Journal of Experimental Botany*, 66(11), 3175–3188. doi:10.1093/jxb/erv127
72. Li, W., Wang, B., Wu, J., Zhang, H., Zhao, Y., Zhang, X., Yang, Q., Li, J. (2021): The genetic architecture of the dynamic changes in grain moisture in maize. *Plant Biotechnology Journal*, 19(5), 939–951. <https://doi.org/10.1111/pbi.13541>
73. Liu, R., Zhang, H., Zhao, P., Zhang, Z., Liang, W. (2012): Mining of candidate maize genes for nitrogen use efficiency by integrating gene expression and QTL data. *Plant Mol. Biol. Rep.* 30:297–308
74. Liu, X., He, K., Ali, F., Li, D., Cai, H., Zhang, H., Yuan, L., Liu, W., Mi, G., Chen, F., Pan, Q. (2023): Genetic dissection of N use efficiency using maize inbred lines and testcrosses, *The Crop Journal*, Vol 11, Issue 4, 1242-1250, ISSN 2214-5141, <https://doi.org/10.1016/j.cj.2023.03.010>.
75. Liu, X., Wang, H., Wang, H., Guo, Z., Xu, X., Liu, J., Wang, S., Lia, W. X., Zoua, C., Prasannac, B. M., Olsenc, M. S., Huang, C., Xu, Y. (2018): Factors affecting genomic selection revealed by empirical evidence in maize. *The Crop Journal*, 6, 341–352. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.03.005>

76. Lu, H., Bernardi, R. (2001): Molecular marker diversity among current and historical maize inbreds. *Theoretical and Applied Genetics*, 103, 613-617. <https://doi.org/10.1007/PL00002917>
77. Luo, P., Yang, R., Zhang, L., Yang, J., Wang, H., Yong, H., Zhang, R., Li, W., Wang, F., Li, M., Weng, J., Zhang, D., Zhou, Z., Han, J., Gao, W., Xu, X., Yang, K., Zhang, X., Fu, J., Li, X., Hao, Z., Ni, Z. (2024): Genomic prediction of kernel water content in a hybrid population for mechanized harvesting in maize in northern china. *Agronomy*, 14(12), 2795. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122795>
78. Mackay, I. J., Cockram, J., Howell, P., Powell, W. (2021). Understanding the classics: the unifying concepts of transgressive segregation, inbreeding depression and heterosis and their central relevance for crop breeding. *Plant Biotechnol. J.* 19, 26–34. doi: 10.1111/pbi.13481
79. Mastrodomenico, A. T., Hendrix, C. C., Below, F. E. (2018): Nitrogen use efficiency and the genetic variation of maize expired plant variety protection germplasm. *Agriculture* 8:3. doi:10.3390/agriculture8010003
80. Mastrodomenico, A. T., Bohn, M. O., Lipka, A. E., Below, F. E. (2019): Genomic selection using maize ex-plant variety protection germplasm for the prediction of nitrogen-use traits. *Crop Science*, 59 (1), 212–220. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.06.0398>
81. Meuwissen, T. H., Hayes, B. J., Goddard, M. E. (2001): Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, 157, 1819–1829.
82. Mol, R. H., Kamprath, E. J., Jackson, W. A. (1982): Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron. J.* 74:562–64
83. Moose, S., Below, F. E. (2009): Biotechnology approaches to improving maize nitrogen use efficiency. In: Kriz A.L., Larkins B.A. (eds) *Molecular genetic approaches to maize improvement. Biotechnology in agriculture and forestry*, vol 63. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68922-5_6
84. Myles, S., Peiffer, J., Brown, P. J., Ersoz, E. S., Zhang, Z. (2009): Association mapping: critical considerations shift from genotyping to experimental design. *Plant Cell* 21:2194–202
85. Nakamura, T., Vrinten, P., Shimbata, T., Saito, M. (2015): Starch modification: A model for wheat MAS breeding. In: Ogihara, Y., Takumi, S., Handa, H. (eds) *Advances in wheat genetics: from genome to field*. Springer, Tokyo. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55675-6_29

86. Presterl, T., Seitz, G., Landbeck, M., Thiemt, E. M., Schmidt, W., Geiger, H. H. (2003): Improving nitrogen-use efficiency in European maize. *Crop Science*, 43(4), 1259. doi:10.2135/cropsci2003.1259
87. Ramstein, G. P., Jensen, S. E., Buckler, E. S. (2018): Breaking the curse of dimensionality to identify causal variants in breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 132, 559–567. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3267-3>
88. Rogers, A. R., Holland, J. B. (2021): Environment-specific genomic prediction ability in maize using environmental covariates depends on environmental similarity to training data. *G3 (Bethesda)*. 12(2):jkab440. doi: 10.1093/g3journal/jkab440.
89. Rogers, A.R., Dunne, J.C., Roday, C., Bohn, M., Buckler, E.S., Ciampitti, I. A. Edwards, J., Ertl, D., Flint-Garcia, S., Gore, M. A., Graham, C., Hirsch, C. N., Hood, E., Hooker, D. C., Knoll, J., Lee, E. C, Lorenz, A., Lynch, J. P., McKay, J., Moose, S. P., Murray, S. C., Nelson, R., Rocheford, T., Schnable, J. C., Schnable, P. S., Sekhon, R., Singh, M., Smith, M., Springer, N., Thelen, K., Thomison, P., Thompson, A., Tuinstra, M., Wallace, J., Wissner, R. J., Xu, W., Gilmour, A. R., Kaeppler, S. M., De Leon, N., Holland, J. B. (2021): The importance of dominance and genotype-by-environment interactions on grain yield variation in a large-scale public cooperative maize experiment. *G3: Genes|Genomes|Genetics*, 11(2), jkaa050. <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkaa050>
90. Schnable, P. S., Springer, N. M. (2013): Progress toward understanding heterosis in crop plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 64, 71–88. doi: 10.1146/annurev-arplant-042110-103827
91. Schnell, F. W., Cockerham, C. C. (1992): Multiplicative vs arbitrary gene-action in heterosis. *Genetics* 131, 461–469. doi: 10.1093/genetics/131.2.461
92. Schrag, T.A., Möhring, J., Melchinger, A.E., Kusterer, B., Dhillon, B.S., Piepho, H. P., Frisch, M. (2010): Prediction of hybrid performance in maize using molecular markers and joint analyses of hybrids and parental inbreds. *Theor. Appl. Genet.*, 120, 451–461. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1208-x>
93. Shepard, A., Thomison, P., Nafziger, E., Mullen, R., Clucas, C. (2011): Nutrient corn response to nitrogen rates. *Agron. J.* 103:169–74
94. Shi, G., Chavas, J. P., Lauer, J. (2013): Commercialized transgenic traits, maize productivity and yield risk. *Nat. Biotechnol.* 31:111–14
95. Shull GH. What is heterosis? *Genetics*. 1948;33(5):439–446. 10.1093/genetics/33.5.439
96. Szulc, P., Krauklis, D., Ambrozy-Dębowska, K., Wróbel, B., Niedbała, G., Niazian, M., Selwet, M. (2023): Response of maize varieties (*Zea mays* L.) to the application of classic

- and stabilized nitrogen fertilizers—nitrogen as a predictor of generative yield. *Plants*, 12, 600. <https://doi.org/10.3390/plants12030600>
97. Smiciklas, K., Below, F. (1990): Influence of heterotic pattern on nitrogen use and yield of maize. *Maydica* 35:209–13
 98. Stange, M., Utz, H.F., Schrag, T.A., Melchinger, A. E., Würschum T. (2013): High-density genotyping: an overkill for QTL mapping? Lessons learned from a case study in maize and simulations. *Theor Appl Genet* 126, 2563–2574 <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2155-0>
 99. Technow, F., Messina, C. D., Totir, L. R., Cooper, M. (2015): Integrating crop growth models with whole genome prediction through approximate Bayesian computation. *Plos One*, 10, e0130855. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130855>
 100. Tollenaar, M., Nissanka, S. P., Rajcan, I., Bruulsema, T. W. (1997): Yield response of old and new corn hybrids to nitrogen. *Better Crop* 81:3–5
 101. Tollenaar, M., Wu, J. (1999): Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. *Crop Science* 39(6):1597-1604
 102. Uribeharrea, M., Moose, S. P., Below, F. E. (2007): Divergent selection for grain protein affects nitrogen use in maize hybrids. *Field Crops Res.* 100:82–90
 103. Uzoh, I. M., Igwe, C. A., Okebalama, C. B., Babalola, O. O. (2019): Legume maize rotation effect on maize productivity and soil fertility parameters under selected agronomic practices in a sandy loam soil. *Sci. Rep.* 9, 1–9. doi: 10.1038/s41598-019-43679-5
 104. Wani, S. H., Vijayan, R., Choudhary, M., Kumar, A., Zaid, A., Singh, V., Kumar, P., Yasin, J. K. (2021): Nitrogen use efficiency (NUE): elucidated mechanisms, mapped genes and gene networks in maize (*Zea mays* L.). *Physiol Mol Biol Plants* 27, 2875–2891 <https://doi.org/10.1007/s12298-021-01113-z>
 105. Wang, J., Zhou, Z., Zhang, Z., Li, H., Liu, D., Zhang, Q., Bradbury, P. J., Buckler, E. S., Zhang, Z. (2018): Expanding the BLUP alphabet for genomic prediction adaptable to the genetic architectures of complex traits. *Heredity*, 121, 648–662. <https://doi.org/10.1038/s41437-018-0075-0>
 106. Washburn, J. D., Burch, M. B., Franco, J. A. V. (2020): Predictive breeding for maize: Making use of molecular phenotypes, machine learning, and physiological crop models. *Crop Science*. doi:10.1002/csc2.20052 10.1002/csc2.20052
 107. Weber, C., Dai Pra, A. L., Passoni, L. I., Rabal, H. J., Trivi, M., Poggio Aguerre, G. J. (2014): Determination of maize hardness by biospeckle and fuzzy granularity. *Food Science & Nutrition*, 2(5), 557–564. <https://doi.org/10.1002/fsn3.130>

108. Weng, Z., Lehmann, J., Van Zwieten, L., Joseph, S., Arachanjo, B. S., Cowie, B., Thomsen, L., Tobin, M. J., Vongsvitut, J., Klein, A., Doolette C. L., Hou, H., Mueller, C. W., Lombi, E., Kopittke, P. M. (2022): Probing the nature of soil organic matter. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(23), 4072–4093. <https://doi.org/10.1080/10643389.2021.1980346>
109. Whittaker, J. C., Thompson, R., Denham, M. C. (2000): Marker assisted selection using ridge regression. *Genetical Research*, 75, 249–252. <https://doi.org/10.1017/S0016672399004462>
110. Windhausen, V. S., Wagener, S., Magorokosho, C., Makumbi, D., Vivek, B., Piepho, H.-P., Melchinger, A. E., Atlin, G. N. (2012): Strategies to subdivide a target population of environments: results from the CIMMYT-led maize hybrid testing programs in Africa. *Crop Science*, 52(5), 2143. doi:10.2135/cropsci2012.02.0125
111. Xiang, J., Li, X., Yang, X., Liu, H., Zhang, Z., Zhao, H. (2024): Genomic prediction of yield-related traits and genome-based establishment of heterotic pattern in maize hybrid breeding of Southwest China. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1441555. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1441555>
112. Yan, W., Hunt, L. A. (2001): Interpretation of genotype×environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Science*, 41(1), 19–25. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.41119x>
113. Yuan, Y., Cairns, J. E., Babu, R., Gowda, M., Makumbi, D., Magorokosho, C., Zhang, A., Liu, Y., Wang, N., Hao, Z., San Vicente, F., Olsen, M. S., Prasanna, B. M., Lu, Y., Zhang, X. (2019): Genome-wide association mapping and genomic prediction analyses reveal the genetic architecture of grain yield and flowering time under drought and heat stress conditions in maize. *Front. Plant Sci.* 9:1919. doi: 10.3389/fpls.2018.01919
114. Zhao, F., Xu, S. (2012): Genotype by environment interaction of quantitative traits: A case study in barley. *G3: Genes, Genomes, Genet*, 2, 779–788. <https://doi.org/10.1534/g3.112.002980>
115. Zorić, M., Gunjača, J., Galić, V., Jukić, G., Varnica, I., Šimić, D. (2022): Best linear unbiased predictions of environmental effects on grain yield in maize variety trials of different maturity groups. *Agronomy* 12(4):922. doi:10.3390/agronomy12040922

7. SAŽETAK

Cilj ove doktorske disertacije bio je unaprijediti razumijevanje genetskih i okolinskih čimbenika koji određuju prinos zrna kukuruza te ispitati mogućnosti primjene genomske predikcije za procjenu kombinatornih sposobnosti oplemenjivačkih linija. U istraživanju se nastojalo integrirati fenotipske podatke dobivene u varijabilnim agroekološkim uvjetima s genotipskim informacijama dobivenim molekularnim markerima, kako bi se procijenila učinkovitost genomske selekcije u identifikaciji linija s visokim potencijalom prinosa i stabilnosti. Polazišna hipoteza bila je da se kombinacijom poljskih pokusa, analiza varijance, procjene OKS/SKS i genomske predikcije može pouzdano predvidjeti genetski potencijal križanaca te time skratiti selekcijski ciklus u oplemenjivanju kukuruza. Istraživanje je provedeno tijekom tri vegetacijske sezone (2023.–2025.) na eksperimentalnim poljima u Osijeku. U pokus je bilo uključeno više oplemenjivačkih linija i dva testera iz različitih heterotičkih skupina (B37 i ID) pri čemu su križanci testirani pod tri razine dušične gnojidbe (N0, N69, NFull). Fenotipska svojstva obuhvaćala su prinos zrna, vlagu zrna pri žetvi i hektolitarsku masu, a prikupljeni podaci analizirani su mješovitim linearnim modelima kako bi se utvrdili učinci genotipa, godine, tretmana i njihovih interakcija. Uz fenotipsku analizu provedena je genotipizacija SNP markerima te primijenjeni modeli GBLUP i rrBLUP za procjenu genetskih vrijednosti i specifične kombinatorne sposobnosti. Točnost predikcije procjenjivana je korelacijama između opaženih i predviđenih vrijednosti prije i nakon rank transformacije kao pristupa za stabilizaciju varijanci.

Klimatski uvjeti tijekom istraživanja bili su izrazito kontrastni, što je omogućilo detaljno sagledavanje utjecaja okolinskih stresova na fenotipska svojstva. Godina 2024. bila je obilježena ekstremno visokim temperaturama i minimalnim oborinama tijekom cvatnje što je dovelo do smanjenja oplodnje i formiranja zrna. Analize varijance pokazale su da je godina pokusa bila najveći izvor ukupne fenotipske varijabilnosti osobito za prinos zrna i vlagu. Unatoč tome, genetska komponenta prinosa bila je relativno visoka ($\sigma^2_G = 0.860$), a procijenjena heritabilnost ukazala je na stabilan genetski potencijal za selekciju ($H^2 = 0.7111$). Interakcija genotip $\times$ godina bila je umjerena što potvrđuje genotipsku plastičnost, dok je interakcija genotip $\times$ tretman bila zanemariva što upućuje na homogen odgovor genotipova na razine dušika u uvjetima klimatskog stresa. Za vlagu i hektolitarsku masu utvrđen je znatno veći utjecaj okoline, a genetske komponente bile su slabije izražene što otežava selekciju ovih svojstava bez višegodišnjih podataka.

Procjena opće i specifične kombinatorne sposobnosti pokazala je jasne razlike između dva testera. Os399 je imao pozitivne učinke na prinos i nižu vlagu dok je Os7215 povoljno utjecao na hektolitarsku masu. Toplinske karte SKS vrijednosti omogućile su identifikaciju linija koje ostvaruju superiorne kombinacije s pojedinim testerima što predstavlja važnu informaciju za planiranje budućih križanja.

Genomska predikcija pokazala je različitu razinu uspješnosti ovisno o svojstvu. Najviša točnost postignuta je za prinos zrna ($r = 0.374$ prije i $r = 0.391$ nakon rank transformacije), što ukazuje na mogućnost uspješne primjene genomske selekcije za ovo svojstvo. Poboljšanje točnosti nakon transformacije fenotipskih podataka potvrđuje važnost pripreme i normalizacije fenotipskih vrijednosti za stabilnost modela. Suprotno tome, svojstva poput vlage zrna i hektolitarske mase imala su niske ili negativne korelacije što je u skladu s njihovom nižom genetskom kontrolom i snažnim okolišnim utjecajem. Ovi rezultati ukazuju na ograničenja linearnih genomskih modela u predviđanju svojstava pod snažnim $G \times E$ utjecajem te upućuju na potrebu uključivanja okolišnih kovarijata ili nelinearnih statističkih pristupa.

Rezultati ovog istraživanja potvrđuju da kombinacija poljskih pokusa i genomske predikcije predstavlja učinkovit pristup za identificiranje oplemenjivačkih linija kukuruza s visokim potencijalom prinosa i stabilnošću u uvjetima klimatskih promjena. Visoka genetska komponenta prinosa i umjerena točnost genomske predikcije upućuju na to da se genomskom selekcijom može ubrzati razvoj novih linija te povećati selekcijski napredak. Istodobno, svojstva snažno određena okolinom poput vlage zrna i hektolitarske mase zahtijevaju opreznu interpretaciju prediktivnih modela i dugoročnu fenotipsku validaciju. Disertacija daje važan doprinos u području primjene genomske selekcije u oplemenjivanju kukuruza te naglašava potrebu integracije molekularnih markera, okolišnih informacija i višegodišnjeg fenotipskog vrednovanja u modernim oplemenjivačkim programima.

8. SUMMARY

Application of genomic predictive modelling of combining ability in the selection of maize breeding lines

The aim of this doctoral dissertation was to improve the understanding of genetic and environmental factors that determine maize grain yield and to evaluate the potential application of genomic prediction for assessing the combining abilities of breeding lines. The research sought to integrate phenotypic data collected under variable agro-ecological conditions with genotypic information obtained from molecular markers in order to assess the efficiency of genomic selection in identifying lines with high yield potential and stability. The underlying hypothesis was that a combination of field trials, variance analyses, estimates of GCA/SCA, and genomic prediction would enable reliable estimation of the genetic potential of hybrids and thereby shorten the selection cycle in maize breeding. The study was conducted over three growing seasons (2023–2025) at experimental fields in Osijek. The experiment included multiple breeding lines and two testers from different heterotic groups (Os399 and Os7215), and the hybrids were evaluated under three nitrogen fertilization levels (N0, N69, NFull). Phenotypic traits included grain yield, grain moisture at harvest and test weight, and the collected data were analyzed using mixed linear models to determine the effects of genotype, year, treatment and their interactions. In addition to phenotypic analysis, SNP genotyping was performed, and GBLUP and rrBLUP models were applied to estimate genetic values and specific combining abilities. Prediction accuracy was assessed using correlations between observed and predicted values, both before and after rank transformation as an approach for variance stabilization.

The climatic conditions during the research period were highly contrasting, which enabled a detailed assessment of the impact of environmental stress on phenotypic traits. The year 2024 was characterized by extremely high temperatures and minimal precipitation during flowering, resulting in reduced pollination and kernel set. Variance analyses showed that the year of the experiment was the largest source of total phenotypic variability, especially for grain yield and moisture. Despite this, the genetic component of yield was relatively high ($\sigma^2G = 0.860$), and the estimated heritability confirmed a stable genetic potential for selection ($H^2 = 0.7111$). The genotype $\times$ year interaction was moderate, indicating genotypic plasticity, while the genotype $\times$ treatment interaction was negligible, suggesting a homogeneous response of genotypes to nitrogen levels under conditions of climatic stress. For grain moisture and test weight, a substantially greater influence of the environment was observed,

and genetic components were less pronounced, complicating the selection of these traits without multi-year data.

The assessment of general and specific combining abilities revealed clear differences between the two testers. Os399 exhibited positive effects on yield and lower grain moisture, whereas Os7215 had a favorable influence on test weight. Heat maps of SCA values enabled the identification of lines that form superior combinations with individual testers, providing important information for planning future crosses.

Genomic prediction showed varying levels of success depending on the trait. The highest accuracy was achieved for grain yield ($r = 0.374$ before and $r = 0.391$ after rank transformation), indicating the potential for successful application of genomic selection for this trait. The improvement in accuracy after transforming phenotypic data confirms the importance of preprocessing and normalizing phenotypic values for model stability. In contrast, traits such as grain moisture and test weight exhibited low or negative correlations, consistent with their lower genetic control and strong environmental influence. These results highlight the limitations of linear genomic models for predicting traits under strong $G \times E$ influence and point to the need for incorporating environmental covariates or nonlinear statistical approaches.

In conclusion, the results of this study confirm that the combination of field trials and genomic prediction represents an effective approach for identifying maize breeding lines with high yield potential and stability under changing climatic conditions. The high genetic component of yield and the moderate accuracy of genomic prediction suggest that genomic selection can accelerate the development of new lines and increase selection progress. At the same time, traits strongly determined by the environment, such as grain moisture and test weight, require cautious interpretation of predictive models and long-term phenotypic validation. This dissertation provides an important contribution to the application of genomic selection in maize breeding and emphasizes the need for integrating molecular markers, environmental information and multi-year phenotypic evaluation in modern breeding programs.

9. PRILOG

Tablica 6. Prikaz Varijabilnosti morfoloških ocjena tijekom vegetacije.

2023						2024						2025					
Pokus	Genotip	Nicanje	rani porast	antere	svilanje	Pokus	Genotip	Nicanje	rani porast	antere	svilanje	Pokus	Genotip	Nicanje	rani porast	antere	svilanje
1	G1	4	4	17.7.	19.7.	1	G1	3	4	9.7.	10.7.	1	G1	3	3	4.7.	7.7.
2	G2	4	4	16.7.	18.7.	2	G2	3	4	9.7.	10.7.	2	G2	4	3	4.7.	6.7.
3	G3	3	3	16.7.	18.7.	3	G3	4	4	9.7.	10.7.	3	G3	5	3	4.7.	7.7.
4	G4	3	4	16.7.	19.7.	4	G4	4	4	9.7.	10.7.	4	G4	5	3	3.7.	5.7.
5	G5	3	4	18.7.	19.7.	5	G5	4	4	10.7.	10.7.	5	G5	5	3	5.7.	6.7.
6	G6	4	4	17.7.	18.7.	6	G6	4	5	4.7.	6.7.	6	G6	5	4	5.7.	7.7.
7	G7	4	4	12.7.	16.7.	7	G7	3	2	10.7.	10.7.	7	G7	3	4	1.7.	4.7.
8	G8	3	3	16.7.	17.7.	8	G8	4	4	8.7.	10.7.	8	G8	5	4	2.7.	5.7.
9	G9	4	4	18.7.	19.7.	9	G9	3	2	8.7.	9.7.	9	G9	5	3	5.7.	7.7.
10	Standard1	4	4	10.7.	15.7.	10	Standard1	5	5	1.7.	3.7.	10	Standard1	5	4	2.7.	4.7.
11	G10	4	4	13.7.	15.7.	11	G10	4	5	2.7.	3.7.	11	G10	5	3	4.7.	6.7.
12	G11	4	4	12.7.	15.7.	12	G11	5	5	1.7.	2.7.	12	G11	5	4	4.7.	6.7.
13	G12	4	4	13.7.	15.7.	13	G12	4	4	2.7.	2.7.	13	G12	5	4	3.7.	6.7.
14	G13	4	4	8.7.	15.7.	14	G13	4	5	2.7.	4.7.	14	G13	5	5	30.6.	2.7.
15	G14	4	4	9.7.	15.7.	15	G14	4	5	30.6.	1.7.	15	G14	5	5	27.6.	30.6.
16	G15	4	4	10.7.	12.7.	16	G15	4	4	2.7.	5.7.	16	G15	5	5	26.6.	30.6.
17	G16	3	3	16.7.	18.7.	17	G16	4	4	3.7.	4.7.	17	G16	4	4	2.7.	3.7.
18	G17	3	3	12.7.	12.7.	18	G17	4	4	3.7.	4.7.	18	G17	5	3	1.7.	3.7.
19	G18	3	3	16.7.	18.7.	19	G18	3	4	2.7.	6.7.	19	G18	5	3	3.7.	6.7.
20	Standard2	4	3	11.7.	13.7.	20	Standard2	4	5	30.6.	2.7.	20	Standard2	5	4	2.7.	3.7.
21	G19	4	3	9.7.	13.7.	21	G19	5	4	2.7.	4.7.	21	G19	5	4	2.7.	3.7.
22	G20	4	3	11.7.	13.7.	22	G20	4	4	3.7.	4.7.	22	G20	4	4	27.6.	30.6.
23	G21	4	3	12.7.	13.7.	23	G21	4	4	6.7.	9.7.	23	G21	5	4	27.6.	1.7.
24	G22	3	3	12.7.	13.7.	24	G22	4	4	3.7.	5.7.	24	G22	5	5	27.6.	1.7.
25	G23	4	4	16.7.	18.7.	25	G23	4	4	3.7.	6.7.	25	G23	5	4	1.7.	4.7.
26	G24	4	4	12.7.	13.7.	26	G24	4	4	3.7.	6.7.	26	G24	5	3	2.7.	5.7.
27	G25	4	4	11.7.	12.7.	27	G25	5	5	29.6.	1.7.	27	G25	5	3	30.6.	2.7.
28	G26	4	4	11.7.	12.7.	28	G26	5	5	4.7.	5.7.	28	G26	5	3	3.7.	4.7.
29	G27	4	4	12.7.	13.7.	29	G27	5	4	30.6.	3.7.	29	G27	5	3	5.7.	7.7.
30	Standard3	4	4	11.7.	13.7.	30	Standard3	4	5	3.7.	5.7.	30	Standard3	5	4	3.7.	6.7.
31	G28	5	4	12.7.	14.7.	31	G28	4	4	3.7.	5.7.	31	G28	5	4	5.7.	7.7.
32	G29	4	4	12.7.	16.7.	32	G29	4	5	2.7.	5.7.	32	G29	4	4	3.7.	5.7.
33	G30	4	4	12.7.	12.7.	33	G30	4	4	29.6.	1.7.	33	G30	4	3	3.7.	5.7.
34	G31	4	4	11.7.	16.7.	34	G31	4	4	2.7.	3.7.	34	G31	4	3	6.7.	8.7.
35	G32	5	4	13.7.	16.7.	35	G32	4	4	4.7.	5.7.	35	G32	4	3	6.7.	8.7.
36	G33	4	4	12.7.	15.7.	36	G33	4	4	2.7.	4.7.	36	G33	5	3	5.7.	6.7.
37	G34	5	4	13.7.	16.7.	37	G34	3	4	5.7.	7.7.	37	G34	4	3	5.7.	6.7.
38	G35	4	4	12.7.	16.7.	38	G35	3	4	5.7.	6.7.	38	G35	5	3	5.7.	7.7.
39	G36	4	4	11.7.	16.7.	39	G36	4	4	5.7.	6.7.	39	G36	5	3	4.7.	5.7.
40	Standard4	4	4	11.7.	13.7.	40	Standard4	4	5	4.7.	5.7.	40	Standard4	5	4	1.7.	2.7.
41	G37	4	4	13.7.	16.7.	41	G37	4	4	4.7.	6.7.	41	G37	5	4	4.7.	6.7.
42	G38	3	3	13.7.	15.7.	42	G38	4	4	5.7.	6.7.	42	G38	5	3	4.7.	6.7.
43	G39	3	3	14.7.	16.7.	43	G39	4	5	8.7.	9.7.	43	G39	5	3	5.7.	7.7.
44	G40	3	3	11.7.	16.7.	44	G40	4	5	8.7.	10.7.	44	G40	5	3	5.7.	7.7.
45	G41	4	4	11.7.	16.7.	45	G41	5	5	3.7.	5.7.	45	G41	5	3	5.7.	6.7.
46	G42	3	3	14.7.	16.7.	46	G42	3	4	5.7.	6.7.	46	G42	5	3	6.7.	8.7.
47	G43	4	3	13.7.	14.7.	47	G43	3	4	8.7.	9.7.	47	G43	5	4	3.7.	5.7.
48	G44	4	4	12.7.	17.7.	48	G44	3	4	8.7.	8.7.	48	G44	5	4	6.7.	8.7.
49	G45	4	4	11.7.	17.7.	49	G45	4	4	29.6.	30.6.	49	G45	5	3	2.7.	2.7.
50	Standard5	5	4	5.7.	8.7.	50	Standard5	5	5	1.7.	3.7.	50	Standard5	4	4	1.7.	2.7.
51	G46	4	5	9.7.	12.7.	51	G46	5	4	3.7.	6.7.	51	G46	5	3	3.7.	4.7.
52	G47	4	5	11.7.	13.7.	52	G47	4	4	3.7.	6.7.	52	G47	5	3	2.7.	5.7.
53	G48	4	5	13.7.	17.7.	53	G48	3	4	6.7.	3.7.	53	G48	5	3	3.7.	5.7.
54	G49	5	5	9.7.	13.7.	54	G49	3	4	1.7.	6.7.	54	G49	5	3	3.7.	5.7.
55	G50	4	4	12.7.	17.2.	55	G50	4	5	1.7.	4.7.	55	G50	5	3	4.7.	6.7.
56	G51	4	4	12.7.	14.7.	56	G51	5	5	1.7.	3.7.	56	G51	5	3	3.7.	7.7.
57	G52	4	4	9.7.	12.7.	57	G52	4	5	29.6.	1.7.	57	G52	5	3	2.7.	6.7.
58	G53	4	3	14.7.	17.7.	58	G53	4	4	3.7.	6.7.	58	G53	5	3	4.7.	5.7.
59	G54	5	4	12.7.	17.7.	59	G54	4	5	2.7.	5.7.	59	G54	5	3	3.7.	4.7.
60	Standard6	4	5	6.7.	7.7.	60	Standard6	4	5	29.6.	1.7.	60	Standard6	5	4	3.7.	5.7.
61	G55	4	5	5.7.	7.7.	61	G55	4	4	29.6.	30.7.	61	G55	5	5	24.6.	27.6.
62	G56	4	5	11.7.	13.7.	62	G56	4	4	5.7.	7.7.	62	G56	5	4	1.7.	3.7.
63	G57	4	5	10.7.	11.7.	63	G57	4	4	5.7.	7.7.	63	G57	5	3	3.7.	6.7.
64	G58	4	3	12.7.	13.7.	64	G58	4	4	1.7.	4.7.	64	G58	5	3	5.7.	7.7.
65	G59	4	5	9.7.	11.7.	65	G59	4	4	2.7.	5.7.	65	G59	5	4	1.7.	2.7.
66	G60	4	4	8.7.	10.7.	66	G60	3	3	6.7.	8.7.	66	G60	5	4	3.7.	3.7.
67	G61	4	4	12.7.	16.7.	67	G61	4	3	3.7.	6.7.	67	G61	4	3	5.7.	8.7.
68	G62	4	5	11.7.	12.7.	68	G62	4	4	29.6.	2.7.	68	G62	5	3	2.7.	3.7.
69	G63	4	5	8.7.	12.7.	69	G63	5	4	29.6.	3.7.	69	G63	5	5	25.6.	30.6.
70	Standard7	4	5	9.7.	11.7.	70	Standard7	4	4	3.7.	4.7.	70	Standard7	5	4	30.6.	1.7.
71	G64	4	5	9.7.	11.7.	71	G64	5	5	29.6.	1.7.	71	G64	5	4	2.7.	5.7.
72	G65	4	4	11.7.	12.7.	72	G65	4	4	3.7.	6.7.	72	G65	5	4	1.7.	4.7.
73	G66	4	4	12.7.	17.7.	73	G66	4	4	2.7.	6.7.	73	G66	5	3	2.7.	5.7.
74	G67	4	4	8.7.	10.7.	74	G67	4	4	2.7.	4.7.	74	G67	4	4	1.7.	4.7.
75	G68	4	4	11.7.	12.7.	75	G68	4	5	30.6.	1.7.	75	G68	4	3	3.7.	6.7.
76	G69	4	3	17.7.	19.7.	76	G69	4	4	1.7.	4.7.	76	G69	5	4	2.7.	5.7.
77	G70	3	4	12.7.	13.7.	77	G70	4	4	1.7.	3.7.	77	G70	5	5	30.6.	2.7.
78	G71	4	4	8.7.	11.7.	78	G71	5	5	29.6.	2.7.	78	G71	5	5	1.7.	4.7.
79	G72	4	4	8.7.	12.7.	79	G72	5	5	29.6.	1.7.	79	G72	5	5	26.6.	28.6.
80	Standard8	3	4	7.7.	8.7.	80	Standard8	4	5	1.7.	3.7.	80	Standard8	5	5	1.7.	4.7.

81	G73	4	4	8.7.	12.7.	81	G73	4	4	29.6.	2.7.	81	G73	5	5	1.7.	4.7.
82	G74	4	4	12.7.	13.7.	82	G74	3	4	6.7.	8.7.	82	G74	5	5	28.6.	1.7.
83	G75	4	4	11.7.	12.7.	83	G75	4	4	5.7.	7.7.	83	G75	5	5	1.7.	4.7.
84	G76	4	3	13.7.	19.7.	84	G76	4	4	3.7.	5.7.	84	G76	5	5	28.6.	2.7.
85	G77	4	4	13.7.	19.7.	85	G77	4	4	4.7.	6.7.	85	G77	5	5	30.6.	1.7.
86	G78	4	4	8.7.	9.7.	86	G78	3	2	1.7.	1.7.	86	G78	5	4	28.6.	30.6.
87	G79	4	4	9.7.	12.7.	87	G79	3	3	3.7.	3.7.	87	G79	5	4	30.6.	1.7.
88	G80	4	5	9.7.	10.7.	88	G80	3	2	1.7.	2.7.	88	G80	4	3	30.6.	1.7.
89	G81	4	4	9.7.	10.7.	89	G81	4	4	1.7.	3.7.	89	G81	5	3	30.6.	1.7.
90	Standard9	4	3	8.7.	9.7.	90	Standard9	4	5	1.7.	2.7.	90	Standard9	5	3	29.6.	2.7.
91	G82	4	3	8.7.	11.7.	91	G82	4	4	2.7.	3.7.	91	G82	5	5	28.6.	30.6.
92	G83	4	3	9.7.	12.7.	92	G83	3	3	3.7.	4.7.	92	G83	5	3	29.6.	1.7.
93	G84	4	3	11.7.	13.7.	93	G84	4	4	29.6.	1.7.	93	G84	4	5	28.6.	1.7.
94	G85	4	4	12.7.	17.7.	94	G42	3	4	6.7.	7.7.	94	G42	5	5	2.7.	5.7.
95	G86	4	4	11.7.	12.7.	95	G86	4	3	1.7.	2.7.	95	G86	5	5	5.7.	7.7.
96	G87	4	4	6.7.	9.7.	96	G87	5	5	3.7.	6.7.	96	G87	5	5	5.7.	7.7.
97	G88	4	4	11.7.	12.7.	97	G88	3	4	5.7.	5.7.	97	G88	5	5	3.7.	5.7.
98	G89	4	4	12.7.	13.7.	98	G89	4	4	1.7.	4.7.	98	G89	4	3	6.7.	7.7.
99	G90	4	4	12.7.	13.7.	99	G90	3	4	6.7.	7.7.	99	G90	5	5	3.7.	5.7.
100	Standard10	4	3	17.7.	17.7.	100	Standard10	3	4	6.7.	7.7.	100	Standard10	5	5	26.6.	30.6.
101	G91	4	3	13.7.	17.7.	101	G91	5	5	1.7.	2.7.	101	G91	5	5	28.6.	2.7.
102	G92	4	4	5.7.	7.7.	102	G92	4	4	4.7.	6.7.	102	G92	5	5	25.6.	30.6.
103	G93	4	5	8.7.	12.7.	103	G93	4	4	1.7.	4.7.	103	G93	5	4	3.7.	6.7.
104	G94	5	4	10.7.	12.7.	104	G94	4	4	3.7.	5.7.	104	G94	5	4	3.7.	5.7.
105	G95	5	4	10.7.	12.7.	105	G95	4	4	3.7.	4.7.	105	G95	4	5	30.6.	1.7.
106	G96	3	4	11.7.	13.7.	106	G96	4	4	3.7.	4.7.	106	G96	5	5	30.6.	1.7.
107	G97	3	4	11.7.	13.7.	107	G97	4	4	1.7.	4.7.	107	G97	5	5	23.6.	25.6.
108	G98	4	4	9.7.	12.7.	108	G98	4	4	1.7.	3.7.	108	G98	5	5	30.6.	1.7.
109	G99	4	4	12.7.	12.7.	109	G99	3	2	5.7.	6.7.	109	G99	5	4	1.7.	2.7.
110	Standard1	4	5	9.7.	11.7.	110	Standard1	5	5	2.7.	3.7.	110	Standard1	5	5	28.6.	1.7.
111	G100	4	4	10.7.	12.7.	111	G100	4	4	2.7.	3.7.	111	G100	5	4	30.6.	1.7.
112	G101	4	5	7.7.	8.7.	112	G101	4	4	1.7.	2.7.	112	G101	5	4	1.7.	3.7.
113	G102	4	5	9.7.	10.7.	113	G102	4	4	4.7.	6.7.	113	G102	5	3	3.7.	5.7.
114	G103	4	5	7.7.	11.7.	114	G104	4	4	2.7.	4.7.	114	G104	5	4	28.6.	30.6.
115	G104	4	4	9.7.	10.7.	115	G105	3	4	5.7.	7.7.	115	G105	3	4	28.6.	30.6.
116	G105	4	4	12.7.	13.7.	116	G108	5	4	28.6.	30.6.	116	G108	5	4	22.6.	24.6.
117	G106	3	4	12.7.	13.7.	117	Standard2	4	5	1.7.	3.7.	117	Standard2	5	4	27.6.	1.7.
118	G107	4	4	9.7.	13.7.	118	G109	4	4	2.7.	4.7.	118	G109	5	4	28.6.	30.6.
119	G108	4	4	4.7.	7.7.	119	G110	4	4	1.7.	3.7.	119	G110	5	4	28.6.	1.7.
120	Standard2	4	5	7.7.	8.7.	120	G111	4	4	2.7.	3.7.	120	G111	5	4	28.6.	1.7.
121	G109	4	5	7.7.	8.7.	121	G112	4	4	2.7.	3.7.	121	G112	5	4	28.6.	1.7.
122	G110	4	5	6.7.	7.7.	122	G113	3	4	3.7.	3.7.	122	G113	5	4	27.6.	29.6.
123	G111	4	5	7.7.	8.7.	123	G228	4	4	30.6.	1.7.	123	G228	5	3	25.6.	28.6.
124	G112	5	4	8.7.	10.7.	124	G229	5	5	28.6.	30.6.	124	G229	5	4	24.6.	27.6.
125	G113	3	4	8.7.	12.7.	125	G116	5	5	28.6.	30.6.	125	G116	5	4	24.6.	27.6.
126	G114	3	5	5.7.	7.7.	126	G117	4	4	1.7.	2.7.	126	G117	4	4	25.6.	28.6.
127	G115	4	4	7.7.	7.7.	127	Standard3	4	5	2.7.	4.7.	127	Standard3	5	4	28.6.	3.7.
128	G116	4	4	6.7.	7.7.	128	G118	4	4	1.7.	3.7.	128	G118	4	3	27.6.	1.7.
129	G117	4	4	8.7.	9.7.	129	G119	4	4	1.7.	2.7.	129	G119	5	3	28.6.	1.7.
130	Standard3	4	5	9.7.	11.7.	130	G120	4	4	28.6.	1.7.	130	G120	5	3	27.6.	2.7.
131	G118	4	4	6.7.	7.7.	131	G121	4	4	28.6.	1.7.	131	G121	5	3	26.6.	2.7.
132	G119	3	4	6.7.	8.7.	132	G122	5	5	29.6.	1.7.	132	G122	5	5	27.6.	30.6.
133	G120	4	4	5.7.	7.7.	133	G227	4	4	29.6.	2.7.	133	G227	4	4	30.6.	2.7.
134	G121	4	4	6.7.	8.7.	134	G124	4	4	30.6.	1.7.	134	G124	4	3	25.6.	2.7.
135	G122	4	5	6.7.	7.7.	135	G125	3	4	3.7.	5.7.	135	G125	5	3	27.6.	30.6.
136	G123	4	4	9.7.	10.7.	136	G126	3	4	1.7.	6.7.	136	G126	5	3	30.6.	1.7.
137	G124	4	3	9.7.	11.7.	137	Standard4	4	5	4.7.	7.7.	137	Standard4	5	3	29.6.	2.7.
138	G125	5	5	7.7.	8.7.	138	G127	5	4	28.6.	30.6.	138	G127	5	3	30.6.	1.7.
139	G126	4	4	5.7.	6.7.	139	G128	4	4	1.7.	3.7.	139	G128	5	3	28.6.	2.7.
140	Standard4	4	4	10.7.	11.7.	140	G129	5	4	30.6.	1.7.	140	G129	5	4	27.6.	3.7.
141	G127	3	3	4.7.	7.7.	141	G130	5	5	28.6.	30.6.	141	G130	5	4	26.6.	30.6.
142	G128	4	4	11.7.	12.7.	142	G131	4	4	1.7.	2.7.	142	G131	5	4	26.6.	30.6.
143	G129	4	4	12.7.	14.7.	143	G132	4	4	28.6.	1.7.	143	G132	5	4	25.6.	1.7.
144	G130	4	4	12.7.	12.7.	144	G133	4	4	1.7.	2.7.	144	G133	5	3	26.6.	28.6.
145	G131	4	3	10.7.	11.7.	145	G134	4	4	28.6.	30.6.	145	G134	5	3	25.6.	27.6.
146	G132	4	4	8.7.	12.7.	146	G135	5	4	28.6.	30.6.	146	G135	5	3	27.6.	28.6.
147	G133	4	4	6.7.	7.7.	147	Standard5	4	4	30.6.	1.7.	147	Standard5	5	4	27.6.	30.6.
148	G134	3	3	7.7.	8.7.	148	G136	4	4	30.6.	1.7.	148	G136	5	4	23.6.	25.6.
149	G135	4	4	7.7.	8.7.	149	G137	4	4	30.6.	1.7.	149	G137	5	5	25.6.	27.6.
150	Standard5	5	5	8.7.	10.7.	150	G138	5	4	1.7.	3.7.	150	G138	5	5	25.6.	27.6.
151	G136	5	4	8.7.	9.7.	151	G139	4	4	1.7.	3.7.	151	G139	5	4	24.6.	26.6.
152	G137	4	4	8.7.	11.7.	152	G140	4	5	1.7.	4.7.	152	G140	5	3	2.7.	3.7.
153	G138	3	3	16.7.	17.7.	153	G141	4	4	3.7.	6.7.	153	G141	5	4	26.6.	1.7.
154	G139	4	5	8.7.	9.7.	154	G142	4	5	5.7.	7.7.	154	G142	5	5	26.6.	28.6.
155	G140	3	3	8.7.	9.7.	155	G143	5	5	1.7.	2.7.	155	G143	4	3	3.7.	5.7.
156	G141	4	4	9.7.	10.7.	156	G144	5	4	30.6.	1.7.	156	G144	5	3	2.7.	1.7.
157	G142	4	4	9.7.	10.7.	157	Standard6	4	5	1.7.	1.7.	157	Standard6	5	4	30.6.	1.7.
158	G143	4	4	12.7.	17.7.	158	G145	4	4	2.7.	4.7.	158	G145	5	4	28.6.	30.6.
159	G144	4	4	9.7.	12.7.	159	G146	4	5	30.6.	1.7.	159	G146	5	3	28.6.	29.6.
160	Standard6	4	4	7.7.	8.7.	160	G147	4	5	30.6.	1.7.	160	G147	5	5	26.6.	29.6.

161	G145	4	4	8.7.	12.7.	161	G148	4	4	3.7.	6.7.	161	G148	3	4	27.6.	30.6.
162	G146	4	4	7.7.	9.7.	162	G149	5	4	1.7.	3.7.	162	G149	5	4	26.6.	30.6.
163	G147	4	5	7.7.	8.7.	163	G150	4	4	1.7.	4.7.	163	G150	5	4	28.6.	1.7.
164	G148	4	4	12.7.	12.7.	164	G151	4	4	1.7.	5.7.	164	G151	5	3	30.6.	2.7.
165	G149	4	4	8.7.	9.7.	165	G152	3	4	1.7.	4.7.	165	G152	5	4	1.7.	3.7.
166	G150	4	4	9.7.	10.7.	166	G153	4	4	3.7.	5.7.	166	G153	5	5	24.6.	26.6.
167	G151	4	3	9.7.	12.7.	167	Standard7	5	5	29.6.	30.6.	167	Standard7	5	3	4.7.	6.7.
168	G152	4	4	9.7.	12.7.	168	G154	5	4	29.6.	30.6.	168	G154	5	3	28.6.	1.7.
169	G153	3	4	5.7.	8.7.	169	G155	4	4	2.7.	4.7.	169	G155	5	3	1.7.	3.7.
170	Standard7	5	5	7.7.	8.7.	170	G156	4	4	6.7.	7.7.	170	G156	5	4	2.7.	4.7.
171	G154	4	5	7.7.	8.7.	171	G157	4	4	3.7.	6.7.	171	G157	5	4	25.6.	27.6.
172	G155	4	4	9.7.	12.7.	172	G158	4	4	4.7.	6.7.	172	G158	5	3	2.7.	5.7.
173	G156	4	4	9.7.	12.7.	173	G159	4	4	1.7.	3.7.	173	G159	5	3	1.7.	5.7.
174	G157	4	4	9.7.	12.7.	174	G160	4	4	5.7.	7.7.	174	G160	5	5	26.6.	29.6.
175	G158	5	5	8.7.	8.7.	175	G161	3	4	5.7.	8.7.	175	G161	4	3	3.7.	5.7.
176	G159	4	4	9.7.	12.7.	176	G162	4	4	30.6.	1.7.	176	G162	5	3	30.6.	4.7.
177	G160	4	4	9.7.	12.7.	177	Standard8	5	5	28.6.	30.6.	177	Standard8	5	4	30.6.	2.7.
178	G161	4	5	8.7.	11.7.	178	G226	4	4	1.7.	3.7.	178	G226	5	5	24.6.	26.6.
179	G162	4	4	8.7.	11.7.	179	G164	4	4	2.7.	3.7.	179	G164	5	4	27.6.	1.7.
180	Standard8	4	5	8.7.	11.7.	180	G165	4	4	2.7.	3.7.	180	G165	5	4	1.7.	3.7.
181	G163	5	4	8.7.	12.7.	181	G166	5	5	3.7.	5.7.	181	G166	5	4	3.7.	5.7.
182	G164	4	4	9.7.	13.7.	182	G167	4	4	6.7.	8.7.	182	G167	5	5	28.6.	1.7.
183	G165	5	5	9.7.	12.7.	183	G169	4	4	8.7.	9.7.	183	G169	5	5	29.6.	2.7.
184	G166	3	3	12.7.	17.7.	184	G170	4	4	2.7.	3.7.	184	G170	4	4	25.6.	2.7.
185	G167	4	4	10.7.	17.7.	185	G171	5	4	28.6.	30.6.	185	G171	5	5	25.6.	27.6.
186	G168	4	4	9.7.	17.7.	186	Standard9	5	5	28.6.	28.6.	186	Standard9	5	5	27.6.	30.6.
187	G169	4	4	12.7.	12.7.	187	G172	4	4	1.7.	4.7.	187	G172	5	5	25.6.	27.6.
188	G170	4	4	12.7.	12.7.	188	G173	4	4	30.6.	1.7.	188	G173	5	5	25.6.	27.6.
189	G171	4	5	5.7.	8.7.	189	G174	5	4	29.6.	1.7.	189	G174	5	5	26.6.	28.6.
190	Standard9	4	4	7.7.	8.7.	190	G175	4	4	5.7.	8.7.	190	G175	5	5	25.6.	28.6.
191	G172	4	4	8.7.	11.7.	191	G176	4	4	5.7.	8.7.	191	G176	5	5	27.6.	3.7.
192	G173	4	4	8.7.	11.7.	192	G177	3	4	5.7.	8.7.	192	G177	5	4	30.6.	3.7.
193	G174	4	4	9.7.	12.7.	193	G178	4	4	4.7.	6.7.	193	G178	5	5	3.7.	5.7.
194	G175	4	4	9.7.	11.7.	194	G179	3	4	6.7.	9.7.	194	G179	5	5	30.6.	3.7.
195	G176	5	4	9.7.	12.7.	195	G180	5	4	1.7.	4.7.	195	G180	5	5	28.6.	2.7.
196	G177	4	4	8.7.	12.7.	196	Standard10	4	4	1.7.	5.7.	196	Standard10	4	4	28.6.	30.6.
197	G178	4	5	9.7.	12.7.	197	G181	5	5	28.6.	1.7.	197	G181	5	5	27.6.	1.7.
198	G179	4	4	9.7.	16.7.	198	G182	3	4	5.7.	8.7.	198	G182	5	3	4.7.	6.7.
199	G180	4	4	8.7.	11.7.	199	G183	3	4	6.7.	9.7.	199	G183	5	5	28.6.	3.7.
200	Standard10	4	3	13.7.	15.7.	200	G184	3	4	3.7.	4.7.	200	G184	5	5	26.6.	28.6.
201	G181	4	3	9.7.	11.7.	201	G185	4	4	4.7.	8.7.	201	G185	5	5	27.6.	30.6.
202	G182	4	4	11.7.	12.7.	202	G186	3	4	6.7.	9.7.	202	G186	5	5	26.6.	1.7.
203	G183	4	5	9.7.	12.7.	203	G187	4	4	1.7.	5.7.	203	G187	5	4	1.7.	4.7.
204	G184	5	5	7.7.	9.7.	204	G188	4	4	4.7.	8.7.	204	G188	5	5	2.7.	5.7.
205	G185	4	4	9.7.	11.7.	205	G189	3	4	5.7.	9.7.	205	G189	5	4	1.7.	2.7.
206	G186	4	4	8.7.	12.7.	206	Standard11	4	5	1.7.	4.7.	206	Standard11	5	5	30.6.	2.7.
207	G187	4	4	8.7.	12.7.	207	G190	4	5	1.7.	4.7.	207	G190	5	5	26.6.	30.6.
208	G188	4	4	8.7.	12.7.	208	G191	3	4	30.6.	3.7.	208	G191	5	4	26.6.	1.7.
209	G189	4	3	12.7.	13.7.	209	G192	4	4	6.7.	8.7.	209	G192	5	3	27.6.	1.7.
210	Standard11	4	5	8.7.	11.7.	210	G193	4	4	1.7.	5.7.	210	G193	5	5	1.7.	4.7.
211	G190	4	4	5.7.	8.7.	211	G194	4	4	2.7.	4.7.	211	G194	5	4	26.6.	30.6.
212	G191	3	4	6.7.	7.7.	212	G195	4	4	1.7.	3.7.	212	G195	5	5	25.6.	30.6.
213	G192	4	4	8.7.	12.7.	213	G196	4	4	1.7.	4.7.	213	G196	5	4	27.6.	1.7.
214	G193	4	5	9.7.	11.7.	214	G197	4	4	3.7.	5.7.	214	G197	5	4	27.6.	1.7.
215	G194	5	4	9.7.	12.7.	215	G198	4	4	1.7.	4.7.	215	G198	5	4	27.6.	1.7.
216	G195	4	4	9.7.	12.7.	216	Standard12	4	5	30.6.	5.7.	216	Standard12	5	4	29.6.	30.6.
217	G196	4	3	9.7.	12.7.	217	G199	5	5	1.7.	3.7.	217	G199	5	4	30.6.	3.7.
218	G197	5	5	9.7.	11.7.	218	G200	4	4	1.7.	3.7.	218	G200	5	4	23.6.	26.6.
219	G198	4	5	9.7.	11.7.	219	G201	4	4	1.7.	4.7.	219	G201	5	5	25.6.	27.6.
220	Standard12	4	5	9.7.	11.7.	220	G202	4	4	1.7.	4.7.	220	G202	5	4	25.6.	28.6.
221	G199	4	4	9.7.	12.7.	221	G203	4	4	30.6.	1.7.	221	G203	4	4	27.6.	30.6.
222	G200	4	5	5.7.	7.7.	222	G204	4	4	30.6.	2.7.	222	G204	5	4	1.7.	3.7.
223	G201	4	5	5.7.	7.7.	223	G205	4	4	1.7.	6.7.	223	G205	5	4	1.7.	2.7.
224	G202	5	5	8.7.	9.7.	224	G206	3	4	2.7.	6.7.	224	G206	3	4	1.7.	2.7.
225	G203	4	4	13.7.	18.7.	225	G207	4	4	28.6.	30.6.	225	G207	5	4	26.6.	28.6.
226	G204	4	4	8.7.	12.7.	226	Standard13	4	5	30.6.	2.7.	226	Standard13	5	4	1.7.	3.7.
227	G205	5	4	8.7.	12.7.	227	G208	4	4	28.6.	30.6.	227	G208	5	5	24.6.	26.6.
228	G206	4	5	8.7.	11.7.	228	G209	4	4	29.6.	1.7.	228	G209	5	3	27.6.	30.6.
229	G207	4	4	8.7.	9.7.	229	G210	4	4	1.7.	3.7.	229	G210	5	3	27.6.	1.7.
230	Standard13	4	5	8.7.	11.7.	230	G211	4	4	30.6.	1.7.	230	G211	5	3	27.6.	30.6.
231	G208	5	4	10.7.	11.7.	231	G212	4	4	29.6.	1.7.	231	G212	5	5	24.6.	26.6.
232	G209	4	5	6.7.	7.7.	232	G213	4	4	28.6.	30.6.	232	G213	5	3	24.6.	26.6.
233	G210	4	4	8.7.	9.7.	233	G214	4	4	29.6.	30.6.	233	G214	5	3	27.6.	1.7.
234	G211	3	3	8.7.	9.7.	234	G215	4	4	28.6.	30.6.	234	G215	5	3	27.6.	1.7.
235	G212	3	4	5.7.	7.7.	235	G216	4	5	29.6.	1.7.	235	G216	5	5	23.6.	25.6.
236	G213	4	4	4.7.	8.7.	236	Standard14	5	5	1.7.	2.7.	236	Standard14	4	3	1.7.	2.7.
237	G214	4	4	9.7.	11.7.	237	G217	4	4	29.6.	1.7.	237	G217	5	3	28.6.	1.7.
238	G215	4	4	5.7.	7.7.	238	G218	5	5	28.6.	29.6.	238	G218	5	4	26.6.	28.6.
239	G216	3	4	5.7.	7.7.	239	G219	5	4	28.6.	1.7.	239	G219	5	5	27.6.	30.6.
240	Standard14	4	4	11.7.	12.7.	240	G220	4	4	1.7.	5.7.	240	G220	5	5	25.6.	28.6.

241	G217	4	4	9.7.	12.7.	241	G221	4	4	1.7.	2.7.	241	G221	5	3	26.6.	1.7.
242	G218	4	4	8.7.	9.7.	242	G222	4	4	2.7.	6.7.	242	G222	5	4	2.7.	4.7.
243	G219	3	3	12.7.	17.7.	243	G223	4	4	1.7.	1.7.	243	G223	5	4	26.6.	2.7.
244	G220	5	4	9.7.	12.7.	244	G225	5	5	28.6.	30.6.	244	G225	5	5	25.6.	2.7.
245	G221	4	4	9.7.	17.7.	245	G178	5	4	1.7.	2.7.	245	G178	5	4	3.7.	5.7.
246	G222	4	4	9.7.	9.7.	246	Standard5	5	5	30.6.	30.6.	246	Standard5	5	4	2.7.	30.6.
247	G223	4	4	7.7.	8.7.	247	G1	4	4	4.7.	8.7.	247	G1	5	4	2.7.	5.7.
248	G225	4	3	11.7.	13.7.	248	G3	4	4	6.7.	9.7.	248	G3	5	4	2.7.	3.7.
249	G226	3	3	12.7.	17.7.	249	G4	4	4	2.7.	3.7.	249	G4	5	4	28.6.	2.7.
250	Standard5	5	5	8.7.	9.7.	250	G5	4	4	5.7.	6.7.	250	G5	5	3	3.7.	5.7.
251	G227	3	3	8.7.	12.7.	251	G6	5	5	1.7.	5.7.	251	G6	5	3	3.7.	4.7.
252	G228	3	3	10.7.	11.7.	252	G7	3	4	5.7.	9.7.	252	G7	4	4	27.6.	30.6.
253	G229	3	3	7.7.	10.7.	253	G8	4	4	4.7.	8.7.	253	G8	5	4	30.6.	1.7.
254	G178	4	4	12.7.	19.7.	254	G10	4	4	4.7.	8.7.	254	G10	5	4	1.7.	3.7.
255	G214	4	4	8.7.	9.7.	255	G11	4	4	4.7.	8.7.	255	G11	5	4	27.6.	30.6.
256	G14	4	5	9.7.	12.7.	256	G13	4	4	2.7.	4.7.	256	G13	5	4	28.6.	30.6.
257	G63	4	5	8.7.	11.7.	257	G14	4	4	4.7.	8.7.	257	G14	5	4	27.6.	30.6.
258	G131	4	4	8.7.	11.7.	258	G15	4	4	1.7.	3.7.	258	G15	5	4	27.6.	1.7.
259	G202	4	4	9.7.	12.7.	259	G16	4	4	4.7.	8.7.	259	G16	5	3	3.7.	5.7.
260	G218	4	4	4.7.	8.7.	260	G18	3	4	8.7.	9.7.	260	G18	5	4	1.7.	5.7.
261	G165	4	4	9.7.	12.7.	261	G19	4	4	2.7.	5.7.	261	G19	5	5	26.6.	28.6.
262	G179	4	4	9.7.	12.7.	262	G20	4	4	30.6.	1.7.	262	G20	5	3	1.7.	3.7.
263	G89	4	5	4.7.	7.7.	263	G21	4	4	30.6.	1.7.	263	G21	5	3	30.6.	1.7.
264	G169	4	4	13.7.	17.7.	264	G22	4	4	30.6.	1.7.	264	G22	4	3	2.7.	5.7.
265	G198	4	5	8.7.	9.7.	265	G24	4	4	3.7.	5.7.	265	G24	5	4	1.7.	4.7.
266	G26	4	5	9.7.	11.7.	266	Standard9	3	4	4.7.	6.7.	266	Standard9	5	4	30.6.	2.7.
267	G50	4	4	13.7.	17.7.	267	G25	4	4	7.7.	8.7.	267	G25	5	3	4.7.	7.7.
268	G47	4	4	12.7.	17.7.	268	G109	4	4	30.6.	1.7.	268	G109	5	5	26.6.	28.6.
269	G213	4	4	5.7.	7.7.	269	G110	5	4	28.6.	1.7.	269	G110	4	4	27.6.	2.7.
270	G41	4	5	9.7.	12.7.	270	G111	3	4	3.7.	6.7.	270	G111	5	3	30.6.	2.7.
271	G67	4	5	7.7.	9.7.	271	G112	5	4	30.6.	1.7.	271	G112	5	4	27.6.	30.6.
272	G204	4	5	7.7.	9.7.	272	G228	4	4	28.6.	30.6.	272	G228	5	3	27.6.	30.6.
273	G136	4	5	7.7.	8.7.	273	G116	4	4	29.6.	30.6.	273	G116	5	4	27.6.	30.6.
274	Standard9	4	4	5.7.	8.7.	274	G119	4	4	4.7.	6.7.	274	G119	5	5	26.6.	28.6.
275	G210	4	4	7.7.	8.7.	275	G120	4	4	1.7.	2.7.	275	G120	5	3	25.6.	27.6.
276	G194	4	4	8.7.	12.7.	276	G122	4	4	1.7.	3.7.	276	G122	5	4	25.6.	27.6.
277	G27	4	5	12.7.	13.7.	277	G227	4	4	28.6.	30.6.	277	G227	5	5	25.6.	27.6.
278	G75	4	5	9.7.	13.7.	278	G124	5	4	28.6.	30.6.	278	G124	5	5	24.6.	26.6.
279	G120	5	5	4.7.	7.7.	279	G126	5	5	28.6.	29.6.	279	G126	5	5	25.6.	27.6.
280	G24	4	5	9.7.	12.7.	280	G128	5	5	30.6.	2.7.	280	G128	5	5	27.6.	30.6.
281	G182	4	4	12.7.	13.7.	281	G130	4	4	28.6.	30.6.	281	G130	5	5	27.6.	28.6.
282	G46	4	4	12.7.	17.7.	282	G132	4	4	28.6.	30.6.	282	G132	5	5	25.6.	27.6.
283	G215	4	4	7.7.	8.7.	283	G133	4	4	1.7.	4.7.	283	G133	5	5	24.6.	26.6.
284	G4	4	4	13.7.	17.7.	284	G135	4	4	1.7.	3.7.	284	G135	5	5	24.6.	26.6.
285	G205	4	4	8.7.	13.7.	285	G136	4	4	1.7.	3.7.	285	G136	5	5	26.6.	1.7.
286	G60	4	4	9.7.	12.7.	286	G137	4	4	30.6.	1.7.	286	G137	5	5	25.6.	2.7.
287	G209	4	5	6.7.	7.7.	287	G139	4	4	30.6.	1.7.	287	G139	5	5	25.6.	26.6.
288	G32	4	4	9.7.	13.7.	288	Standard7	4	5	1.7.	2.7.	288	Standard7	5	5	27.6.	28.6.
289	G170	4	4	9.7.	12.7.	289	G26	4	4	6.7.	9.7.	289	G26	5	5	28.6.	2.7.
290	G2	4	4	9.7.	12.7.	290	G27	4	4	5.7.	8.7.	290	G27	5	5	3.7.	5.7.
291	G59	4	5	9.7.	11.7.	291	G28	4	4	5.7.	8.7.	291	G28	4	5	1.7.	3.7.
292	G55	4	4	8.7.	11.7.	292	G31	4	4	4.7.	5.7.	292	G31	4	4	3.7.	6.7.
293	G15	4	4	9.7.	12.7.	293	Standard2	3	4	4.7.	5.7.	293	Standard2	5	5	28.6.	1.7.
294	G72	4	4	11.7.	13.7.	294	G142	3	4	5.7.	8.7.	294	G142	5	5	28.6.	1.7.
295	G20	4	5	8.7.	9.7.	295	G143	3	4	9.7.	10.7.	295	G143	3	4	28.6.	2.7.
296	Standard7	4	5	8.7.	9.7.	296	G144	3	4	1.7.	4.7.	296	G144	5	5	28.6.	30.6.
297	G7	4	5	8.7.	11.7.	297	G145	3	4	2.7.	5.7.	297	G145	5	5	1.7.	3.7.
298	G1	4	4	13.7.	18.7.	298	G32	3	4	5.7.	8.7.	298	G32	5	4	3.7.	6.7.
299	G151	4	4	8.7.	12.7.	299	G35	3	4	7.7.	9.7.	299	G35	5	5	3.7.	6.7.
300	G111	4	3	12.7.	13.7.	300	G36	4	4	4.7.	8.7.	300	G36	5	4	1.7.	3.7.
301	Standard2	5	4	9.7.	12.7.	301	G37	3	4	6.7.	9.7.	301	G37	5	4	2.7.	4.7.
302	G145	4	5	9.7.	12.7.	302	G39	3	4	9.7.	10.7.	302	G39	5	4	3.7.	6.7.
303	G8	3	4	9.7.	12.7.	303	Standard8	3	4	8.7.	9.7.	303	Standard8	5	5	30.6.	1.7.
304	G101	4	5	8.7.	10.7.	304	G146	5	5	29.6.	30.6.	304	G146	5	5	2.7.	28.6.
305	G196	4	5	8.7.	10.7.	305	G147	3	4	8.7.	9.7.	305	G147	5	5	28.6.	30.6.
306	G66	4	4	11.7.	12.7.	306	Standard7	4	5	29.6.	7.7.	306	Standard7	5	5	1.7.	3.7.
307	G78	4	3	12.7.	13.7.	307	G150	4	4	1.7.	4.7.	307	G150	5	5	30.6.	2.7.
308	G12	4	4	12.7.	17.7.	308	Standard10	4	4	1.7.	1.7.	308	Standard10	5	5	26.6.	28.6.
309	G175	4	4	10.7.	11.7.	309	G151	4	4	1.7.	4.7.	309	G151	5	4	30.6.	3.7.
310	G28	5	5	9.7.	11.7.	310	Standard10	3	4	5.7.	5.7.	310	Standard10	5	5	26.6.	28.6.
311	Standard8	4	5	8.7.	9.7.	311	G154	4	4	29.6.	1.7.	311	G154	5	5	26.6.	28.6.
312	G171	4	4	6.7.	7.7.	312	G155	4	4	5.7.	8.7.	312	G155	5	5	30.6.	4.7.
313	G77	4	5	11.7.	12.7.	313	G156	4	4	4.7.	8.7.	313	G156	5	5	30.6.	2.7.
314	Standard7	4	5	7.7.	8.7.	314	G162	4	4	2.7.	4.7.	314	G162	5	5	27.6.	1.7.
315	G158	4	5	9.7.	11.7.	315	G165	4	4	4.7.	8.7.	315	G165	5	5	30.6.	1.7.
316	Standard10	4	4	11.7.	12.7.	316	Standard6	5	5	29.6.	30.6.	316	Standard6	5	5	27.6.	30.6.
317	G25	4	4	11.7.	12.7.	317	G40	4	5	5.7.	8.7.	317	G40	5	5	28.6.	1.7.
318	Standard10	4	4	10.7.	11.7.	318	G41	4	5	1.7.	7.7.	318	G41	5	4	28.6.	2.7.
319	G85	5	4	10.7.	11.7.	319	G42	4	4	5.7.	8.7.	319	G42	5	5	1.7.	4.7.
320	G62	4	4	11.7.	12.7.	320	G43	5	5	1.7.	2.7.	320	G43	5	5	30.6.	2.7.

321	G90	4	5	8.7.	11.7.	321	G44	5	5	30.6.	2.7.	321	G44	5	5	29.6.	30.6.
322	G181	4	5	5.7.	7.7.	322	G45	4	5	29.6.	30.6.	322	G45	5	4	30.6.	1.7.
323	G208	4	5	7.7.	8.7.	323	G46	4	4	2.7.	4.7.	323	G46	5	4	25.6.	27.6.
324	Standard6	4	4	7.7.	8.7.	324	G47	5	5	28.6.	1.7.	324	G47	5	4	29.6.	1.7.
325	G48	4	4	13.7.	19.7.	325	G49	5	5	28.6.	1.7.	325	G49	5	4	27.6.	2.7.
326	G155	5	4	9.7.	12.7.	326	G50	4	5	5.7.	8.7.	326	G50	5	3	2.7.	4.7.
327	G159	4	4	9.7.	12.7.	327	Standard3	4	5	5.7.	8.7.	327	Standard3	5	4	29.6.	1.7.
328	G92	4	4	5.7.	6.7.	328	G167	4	5	1.7.	1.7.	328	G167	5	3	30.6.	1.7.
329	G80	4	4	8.7.	9.7.	329	G169	4	4	5.7.	8.7.	329	G169	5	3	2.7.	5.7.
330	G142	5	5	6.7.	7.7.	330	Standard4	4	5	1.7.	5.7.	330	Standard4	5	4	29.6.	1.7.
331	G102	4	4	6.7.	12.7.	331	G170	4	5	1.7.	2.7.	331	G170	5	4	27.6.	29.6.
332	G173	4	4	5.7.	7.7.	332	G171	5	4	27.6.	28.6.	332	G171	5	4	25.6.	27.6.
333	G156	4	4	9.7.	12.7.	333	G172	4	4	29.6.	2.7.	333	G172	5	3	25.6.	27.6.
334	G81	4	4	9.7.	11.7.	334	G173	4	4	29.6.	1.7.	334	G173	5	3	30.6.	3.7.
335	Standard3	4	5	9.7.	11.7.	335	G174	4	4	2.7.	5.7.	335	G174	5	3	28.6.	3.7.
336	G180	4	5	8.7.	11.7.	336	G175	4	4	9.7.	10.7.	336	G175	5	4	26.6.	28.6.
337	G31	4	4	9.7.	13.7.	337	G176	4	4	1.7.	4.7.	337	G176	5	3	3.7.	5.7.
338	Standard4	4	5	9.7.	9.7.	338	G177	4	5	30.6.	1.7.	338	G177	5	4	26.6.	1.7.
339	G86	4	4	9.7.	12.7.	339	G178	5	4	1.7.	5.7.	339	G178	5	3	2.7.	5.7.
340	G206	3	4	9.7.	12.7.	340	G179	4	5	1.7.	5.7.	340	G179	5	3	2.7.	5.7.
341	G18	3	4	12.7.	13.7.	341	G180	4	5	30.6.	3.7.	341	G180	5	4	27.6.	1.7.
342	G36	4	5	9.7.	12.7.	342	G181	4	5	29.6.	30.6.	342	G181	5	3	27.6.	30.6.
343	G54	4	5	12.7.	17.2.	343	G182	4	5	1.7.	3.7.	343	G182	5	3	26.6.	28.6.
344	G73	4	4	8.7.	12.7.	344	G184	4	5	1.7.	2.7.	344	G184	5	5	24.6.	26.6.
345	G94	4	4	9.7.	12.7.	345	G185	4	4	29.6.	30.6.	345	G185	5	4	27.6.	30.6.
346	G184	4	4	7.7.	8.7.	346	G187	4	4	29.6.	1.7.	346	G187	5	4	27.6.	1.7.
347	G200	4	4	7.7.	12.7.	347	G188	4	4	29.6.	3.7.	347	G188	5	4	28.6.	1.7.
348	G176	4	3	9.7.	13.7.	348	G51	4	5	2.7.	3.7.	348	G51	5	3	29.6.	1.7.
349	G195	3	4	9.7.	11.7.	349	G52	4	5	2.7.	5.7.	349	G52	5	4	1.7.	3.7.
350	G76	4	4	9.7.	12.7.	350	G53	4	5	6.7.	9.7.	350	G53	5	3	3.7.	5.7.
351	G187	4	4	7.7.	8.7.	351	Standard5	4	5	1.7.	3.7.	351	Standard5	5	4	30.6.	1.7.
352	G189	4	4	9.7.	11.7.	352	G189	4	4	1.7.	4.7.	352	G189	4	4	27.6.	30.6.
353	G40	4	4	13.7.	17.7.	353	G194	5	5	29.6.	1.7.	353	G194	5	5	26.6.	28.6.
354	G162	4	5	9.7.	13.7.	354	G195	4	4	1.7.	1.7.	354	G195	5	4	26.6.	30.6.
355	G61	4	5	8.7.	12.7.	355	G196	5	4	29.6.	1.7.	355	G196	5	4	27.6.	30.6.
356	G16	4	3	12.7.	17.7.	356	Standard9	4	5	30.6.	1.7.	356	Standard9	5	3	28.6.	30.6.
357	G177	5	4	8.7.	12.7.	357	G54	5	4	29.6.	1.7.	357	G54	5	4	28.6.	30.6.
358	G83	4	4	7.7.	11.7.	358	G55	4	4	30.6.	1.7.	358	G55	4	4	26.6.	28.6.
359	Standard5	4	5	5.7.	7.7.	359	G59	4	4	5.7.	6.7.	359	G59	5	3	30.6.	2.7.
360	G9	4	5	12.7.	13.7.	360	G60	4	4	1.7.	3.7.	360	G60	5	3	2.7.	5.7.
361	G70	4	5	9.7.	11.7.	361	Standard8	4	5	1.7.	4.7.	361	Standard8	5	4	28.6.	1.7.
362	G143	4	5	9.7.	12.7.	362	G197	5	5	30.6.	1.7.	362	G197	5	4	28.6.	1.7.
363	G53	4	5	9.7.	11.7.	363	G198	4	4	1.7.	4.7.	363	G198	5	4	26.6.	28.6.
364	Standard9	4	4	5.7.	7.7.	364	G199	4	4	1.7.	6.7.	364	G199	5	3	3.7.	5.7.
365	G93	4	4	7.7.	8.7.	365	G200	4	4	30.6.	1.7.	365	G200	5	4	25.6.	27.6.
366	G57	4	5	9.7.	12.7.	366	G202	4	4	2.7.	4.7.	366	G202	5	4	26.6.	27.6.
367	G154	4	4	8.7.	12.7.	367	G205	4	5	1.7.	2.7.	367	G205	5	3	1.7.	4.7.
368	G110	4	4	9.7.	11.7.	368	G207	4	4	29.6.	1.7.	368	G207	5	3	27.6.	30.6.
369	Standard8	4	4	9.7.	11.7.	369	G208	5	4	28.6.	29.6.	369	G208	5	4	27.6.	1.7.
370	G42	4	4	13.7.	18.7.	370	G210	4	4	2.7.	5.7.	370	G210	5	5	25.6.	2.7.
371	G11	5	5	9.7.	11.7.	371	G211	4	4	30.6.	1.7.	371	G211	5	5	27.6.	28.6.
372	G64	4	5	9.7.	10.7.	372	G212	4	4	1.7.	30.6.	372	G212	5	3	25.6.	27.6.
373	G133	4	4	5.7.	7.7.	373	Standard1	4	5	2.7.	4.7.	373	Standard1	5	3	1.7.	3.7.
374	G201	4	4	7.7.	12.7.	374	G61	4	4	1.7.	4.7.	374	G61	5	3	28.6.	2.7.
375	G197	4	5	8.7.	9.7.	375	G65	3	4	3.7.	3.7.	375	G65	5	4	1.7.	3.7.
376	G49	4	4	10.7.	16.7.	376	Standard6	5	5	27.6.	28.6.	376	Standard6	5	4	29.6.	3.7.
377	G71	4	4	8.7.	16.7.	377	G66	4	4	29.6.	1.7.	377	G66	5	5	30.6.	3.7.
378	G172	4	5	5.7.	8.7.	378	G67	5	4	29.6.	1.7.	378	G67	5	5	26.6.	28.6.
379	G188	4	5	7.7.	8.7.	379	G70	4	5	1.7.	2.7.	379	G70	5	5	27.6.	1.7.
380	G112	4	4	8.7.	9.7.	380	G214	4	4	1.7.	1.7.	380	G214	5	5	25.6.	27.6.
381	Standard1	4	5	8.7.	9.7.	381	G215	4	5	1.7.	2.7.	381	G215	5	5	25.6.	27.6.
382	G56	4	4	9.7.	12.7.	382	G218	5	5	28.6.	30.6.	382	G218	5	5	25.6.	26.6.
383	G65	4	5	9.7.	11.7.	383	G73	3	4	4.7.	6.7.	383	G73	4	5	27.6.	1.7.
384	Standard6	4	3	9.7.	12.7.	384	G74	3	4	6.7.	9.7.	384	G74	5	5	27.6.	1.7.
385	G150	4	4	9.7.	12.7.	385	G75	3	4	6.7.	9.7.	385	G75	5	5	28.6.	2.7.
386	G105	4	4	11.7.	12.7.	386	G76	4	4	1.7.	5.7.	386	G76	5	5	26.6.	1.7.
387	G174	4	5	7.7.	8.7.	387	G220	3	4	1.7.	4.7.	387	G220	5	5	27.6.	1.7.
388	G211	3	4	5.7.	7.7.	388	G221	4	4	30.6.	1.7.	388	G221	5	5	25.6.	27.6.
389	G79	4	4	8.7.	9.7.	389	G178	3	4	4.7.	6.7.	389	G178	5	4	2.7.	5.7.
390	G100	4	4	9.7.	11.7.	390	G77	5	4	4.7.	9.7.	390	G77	5	4	2.7.	5.7.
391	G105	4	4	9.7.	12.7.	391	G81	3	4	10.7.	11.7.	391	G81	5	4	27.6.	30.6.
392	G151	4	3	11.7.	12.7.	392	G82	4	4	1.7.	4.7.	392	G82	5	5	26.6.	27.6.
393	G158	4	3	11.7.	12.7.	393	G110	4	4	4.7.	5.7.	393	G110	5	5	26.6.	1.7.
394	G159	4	3	9.7.	12.7.	394	G111	4	4	1.7.	3.7.	394	G111	5	5	26.6.	1.7.
395	G197	5	4	12.7.	12.7.	395	G112	4	4	1.7.	3.7.	395	G112	5	5	27.6.	1.7.
396	G200	4	4	7.7.	8.7.	396	G28	4	4	4.7.	5.7.	396	G28	4	4	2.7.	5.7.
397	G201	4	4	7.7.	8.7.	397	G55	4	4	1.7.	7.7.	397	G55	5	5	27.6.	30.6.
398	G202	4	4	7.7.	8.7.	398	G42	4	4	5.7.	8.7.	398	G42	4	4	2.7.	5.7.
399	G204	4	4	8.7.	12.7.	399	G46	3	4	9.7.	10.7.	399	G46	4	4	28.6.	2.7.
400	G205	4	3	9.7.	13.7.	400	G178	4	4	5.7.	9.7.	400	G178	4	4	2.7.	5.7.

401	G1	5	4	18.7.	19.7.	401	G1	4	5	5.7.	8.7.	401	G1	4	4	3.7.	5.7.
402	G2	3	3	13.7.	17.7.	402	G2	3	4	6.7.	7.7.	402	G2	4	4	2.7.	3.7.
403	G3	3	3	16.7.	17.7.	403	G3	4	4	6.7.	8.7.	403	G3	5	4	3.7.	5.7.
404	G4	5	5	8.7.	9.7.	404	G4	5	5	3.7.	4.7.	404	G4	5	4	4.7.	6.7.
405	G5	3	3	12.7.	17.7.	405	G5	4	5	6.7.	8.7.	405	G5	5	5	1.7.	4.7.
406	G6	3	4	11.7.	13.7.	406	G6	3	4	6.7.	8.7.	406	G6	5	5	27.6.	1.7.
407	G7	3	3	16.7.	18.7.	407	G7	3	4	9.7.	11.7.	407	G7	4	4	2.7.	3.7.
408	G8	3	3	12.7.	18.7.	408	G8	4	4	5.7.	8.7.	408	G8	5	5	27.6.	30.6.
409	G9	4	3	17.7.	18.7.	409	G9	4	4	6.7.	8.7.	409	G9	5	4	4.7.	6.7.
410	Standard1	4	5	7.7.	8.7.	410	Standard1	4	4	2.7.	4.7.	410	Standard1	5	5	28.6.	1.7.
411	G10	4	4	12.7.	13.7.	411	G10	4	4	2.7.	5.7.	411	G10	5	4	28.6.	1.7.
412	G11	4	5	8.7.	9.7.	412	G11	4	4	8.7.	9.7.	412	G11	5	5	27.6.	30.6.
413	G12	4	5	8.7.	9.7.	413	G12	4	4	1.7.	2.7.	413	G12	5	5	27.6.	30.6.
414	G13	4	5	8.7.	9.7.	414	G13	4	4	1.7.	4.7.	414	G13	5	5	28.6.	1.7.
415	G14	4	4	10.7.	11.7.	415	G14	4	4	29.6.	30.6.	415	G14	5	5	26.6.	28.6.
416	G15	4	4	8.7.	12.7.	416	G15	4	4	3.7.	4.7.	416	G15	5	5	26.6.	30.6.
417	G16	3	4	12.7.	17.7.	417	G16	5	4	1.7.	3.7.	417	G16	5	5	28.6.	1.7.
418	G17	4	4	11.7.	17.7.	418	G17	4	4	3.7.	5.7.	418	G17	5	5	28.6.	3.7.
419	G18	4	4	11.7.	12.7.	419	G18	4	4	3.7.	6.7.	419	G18	5	4	27.6.	1.7.
420	Standard2	4	4	8.7.	11.7.	420	Standard2	5	4	29.6.	1.7.	420	Standard2	5	4	28.6.	1.7.
421	G19	4	5	8.7.	11.7.	421	G19	4	5	28.6.	30.6.	421	G19	5	5	27.6.	1.7.
422	G20	4	5	5.7.	6.7.	422	G20	4	5	1.7.	4.7.	422	G20	5	5	25.6.	27.6.
423	G21	4	5	8.7.	9.7.	423	G21	4	5	2.7.	5.7.	423	G21	5	5	26.6.	1.7.
424	G22	3	5	8.7.	9.7.	424	G22	5	5	29.6.	1.7.	424	G22	5	5	28.6.	1.7.
425	G23	4	4	9.7.	12.7.	425	G23	5	5	29.6.	1.7.	425	G23	5	5	28.6.	30.6.
426	G24	4	5	9.7.	9.7.	426	G24	3	4	6.7.	6.7.	426	G24	5	4	28.6.	1.7.
427	G25	4	5	9.7.	9.7.	427	G25	4	4	1.7.	3.7.	427	G25	5	5	27.6.	30.6.
428	G26	4	4	9.7.	12.7.	428	G26	4	4	1.7.	3.7.	428	G26	5	4	1.7.	4.7.
429	G27	4	4	9.7.	11.7.	429	G27	4	4	3.7.	5.7.	429	G27	5	4	1.7.	4.7.
430	Standard3	4	4	8.7.	11.7.	430	Standard3	4	4	30.6.	1.7.	430	Standard3	5	4	28.6.	31.7.
431	G28	4	4	12.7.	13.7.	431	G28	3	4	3.7.	8.7.	431	G28	5	4	1.7.	4.7.
432	G29	4	5	9.7.	12.7.	432	G29	4	4	1.7.	6.7.	432	G29	5	4	29.6.	2.7.
433	G30	4	4	12.7.	13.7.	433	G30	3	4	8.7.	9.7.	433	G30	4	3	3.7.	6.7.
434	G31	4	4	9.7.	13.7.	434	G31	4	4	2.7.	4.7.	434	G31	4	3	4.7.	6.7.
435	G32	4	5	9.7.	13.7.	435	G32	3	3	9.7.	10.7.	435	G32	5	5	29.6.	1.7.
436	G33	4	5	9.7.	11.7.	436	G33	4	4	6.7.	8.7.	436	G33	5	3	4.7.	6.7.
437	G34	4	4	17.7.	13.7.	437	G34	4	4	3.7.	5.7.	437	G34	4	3	5.7.	6.7.
438	G35	5	5	8.7.	9.7.	438	G35	5	4	1.7.	3.7.	438	G35	5	3	4.7.	5.7.
439	G36	4	5	8.7.	11.7.	439	G36	5	4	1.7.	3.7.	439	G36	5	4	28.6.	2.7.
440	Standard4	4	5	9.7.	11.7.	440	Standard4	5	4	1.7.	3.7.	440	Standard4	5	5	27.6.	30.6.
441	G37	3	5	12.7.	13.7.	441	G37	4	4	5.7.	6.7.	441	G37	5	4	1.7.	4.7.
442	G38	4	4	13.7.	17.7.	442	G38	4	4	2.7.	4.7.	442	G38	5	3	4.7.	6.7.
443	G39	4	4	13.7.	17.7.	443	G39	4	4	2.7.	3.7.	443	G39	5	4	28.6.	30.6.
444	G40	4	5	10.7.	11.7.	444	G40	5	5	1.7.	4.7.	444	G40	5	3	1.7.	3.7.
445	G41	4	4	12.7.	17.7.	445	G41	4	4	3.7.	6.7.	445	G41	5	3	5.7.	6.7.
446	G42	4	4	13.7.	17.7.	446	G42	4	4	9.7.	10.7.	446	G42	5	3	4.7.	6.7.
447	G43	4	5	9.7.	12.7.	447	G43	4	4	5.7.	8.7.	447	G43	4	4	4.7.	6.7.
448	G44	4	4	11.7.	12.7.	448	G44	4	4	6.7.	7.7.	448	G44	5	4	30.6.	4.7.
449	G45	3	4	9.7.	11.7.	449	G45	5	4	28.6.	30.6.	449	G45	4	3	28.6.	30.6.
450	Standard5	5	4	5.7.	7.7.	450	Standard5	4	4	28.6.	30.6.	450	Standard5	5	3	28.6.	1.7.
451	G46	4	5	9.7.	12.7.	451	G46	4	4	3.7.	4.7.	451	G46	5	3	2.7.	5.7.
452	G47	4	4	9.7.	12.7.	452	G47	5	5	2.7.	3.7.	452	G47	5	3	30.6.	2.7.
453	G48	4	4	13.7.	14.7.	453	G48	4	4	5.7.	8.7.	453	G48	5	4	5.7.	7.7.
454	G49	5	5	8.7.	12.7.	454	G49	4	4	5.7.	8.7.	454	G49	4	3	28.6.	2.7.
455	G50	4	5	11.7.	19.7.	455	G50	5	5	1.7.	3.7.	455	G50	5	3	3.7.	6.7.
456	G51	4	4	9.7.	13.7.	456	G51	4	4	4.7.	6.7.	456	G51	5	3	4.7.	7.7.
457	G52	4	4	9.7.	11.7.	457	G52	5	5	30.6.	2.7.	457	G52	5	3	27.6.	30.6.
458	G53	4	3	17.7.	18.7.	458	G53	4	4	5.7.	8.7.	458	G53	5	3	5.7.	6.7.
459	G54	4	4	9.7.	12.7.	459	G54	4	4	5.7.	8.7.	459	G54	5	3	1.7.	4.7.
460	Standard6	4	4	7.7.	8.7.	460	Standard6	4	4	30.6.	1.7.	460	Standard6	5	4	1.7.	4.7.
461	G55	4	4	5.7.	7.7.	461	G55	4	4	30.6.	1.7.	461	G55	5	5	25.6.	26.6.
462	G56	4	5	9.7.	11.7.	462	G56	4	4	30.6.	4.7.	462	G56	5	4	28.6.	30.6.
463	G57	5	5	9.7.	10.7.	463	G57	4	4	5.7.	7.7.	463	G57	5	3	30.6.	4.7.
464	G58	3	4	7.7.	12.7.	464	G58	4	4	2.7.	4.7.	464	G58	5	3	1.7.	4.7.
465	G59	5	5	6.7.	7.7.	465	G59	4	4	4.7.	4.7.	465	G59	5	3	2.7.	4.7.
466	G60	4	4	10.7.	11.7.	466	G60	4	4	3.7.	4.7.	466	G60	5	3	28.6.	1.7.
467	G61	4	4	11.7.	13.7.	467	G61	4	4	1.7.	4.7.	467	G61	5	3	4.7.	6.7.
468	G62	4	4	9.7.	10.7.	468	G62	4	4	4.7.	6.7.	468	G62	5	3	1.7.	4.7.
469	G63	4	5	8.7.	9.7.	469	G63	4	4	30.6.	2.7.	469	G63	5	4	27.6.	29.6.
470	Standard7	4	4	8.7.	9.7.	470	Standard7	4	4	2.7.	3.7.	470	Standard7	5	5	27.6.	29.6.
471	G64	4	5	8.7.	9.7.	471	G64	3	4	5.7.	7.7.	471	G64	5	5	27.6.	30.6.
472	G65	4	5	8.7.	11.7.	472	G65	4	4	30.6.	2.7.	472	G65	5	4	27.6.	30.6.
473	G66	4	4	11.7.	12.7.	473	G66	4	4	30.6.	2.7.	473	G66	5	4	1.7.	2.7.
474	G67	4	5	7.7.	9.7.	474	G67	4	4	4.7.	6.7.	474	G67	5	5	25.6.	27.6.
475	G68	4	5	9.7.	11.7.	475	G68	3	4	1.7.	3.7.	475	G68	5	5	28.6.	1.7.
476	G69	4	4	12.7.	13.7.	476	G69	5	5	1.7.	3.7.	476	G69	5	5	25.6.	27.6.
477	G70	4	4	11.7.	12.7.	477	G70	5	5	30.6.	2.7.	477	G70	5	5	26.6.	30.6.
478	G71	4	4	11.7.	12.7.	478	G71	4	4	3.7.	5.7.	478	G71	5	5	27.6.	30.6.
479	G72	4	5	7.7.	9.7.	479	G72	4	4	30.6.	1.7.	479	G72	5	5	26.6.	27.6.
480	Standard8	4	4	8.7.	10.7.	480	Standard8	5	5	1.7.	3.7.	480	Standard8	5	5	27.6.	1.7.

481	G73	4	3	11.7.	12.7.	481	G73	5	4	30.6.	1.7.	481	G73	5	5	28.6.	2.7.
482	G74	3	4	11.7.	12.7.	482	G74	5	5	30.6.	2.7.	482	G74	5	4	27.6.	1.7.
483	G75	4	4	9.7.	12.7.	483	G75	4	4	4.7.	5.7.	483	G75	4	5	28.6.	1.7.
484	G76	4	4	16.7.	18.7.	484	G76	4	4	4.7.	6.7.	484	G76	5	5	26.6.	1.7.
485	G77	4	4	12.7.	13.7.	485	G77	4	4	5.7.	7.7.	485	G77	5	5	27.6.	30.6.
486	G78	4	4	8.7.	9.7.	486	G78	3	4	1.7.	2.7.	486	G78	5	5	26.6.	28.6.
487	G79	4	4	11.7.	13.7.	487	G79	4	4	2.7.	3.7.	487	G79	5	5	27.6.	2.7.
488	G80	4	4	9.7.	11.7.	488	G80	4	4	30.6.	1.7.	488	G80	5	4	26.6.	27.6.
489	G81	4	4	9.7.	11.7.	489	G81	4	4	1.7.	2.7.	489	G81	5	5	28.6.	1.7.
490	Standard9	4	3	8.7.	9.7.	490	Standard9	4	4	1.7.	2.7.	490	Standard9	5	5	28.6.	30.6.
491	G82	3	3	9.7.	11.7.	491	G82	4	4	1.7.	3.7.	491	G82	5	4	26.6.	28.6.
492	G83	3	3	11.7.	12.7.	492	G83	4	4	1.7.	3.7.	492	G83	5	5	26.6.	30.6.
493	G84	4	3	11.7.	12.7.	493	G84	4	4	1.7.	3.7.	493	G84	5	5	25.6.	27.6.
494	G85	4	3	13.7.	14.7.	494	G42	3	4	6.7.	8.7.	494	G42	5	4	2.7.	4.7.
495	G86	4	5	7.7.	9.7.	495	G86	4	4	30.6.	8.7.	495	G86	5	5	1.7.	4.7.
496	G87	4	5	4.7.	6.7.	496	G87	4	4	5.7.	8.7.	496	G87	5	5	2.7.	4.7.
497	G88	4	5	6.7.	8.7.	497	G88	3	4	6.7.	8.7.	497	G88	5	5	1.7.	4.7.
498	G89	4	4	7.7.	9.7.	498	G89	3	4	8.7.	9.7.	498	G89	5	4	27.6.	1.7.
499	G90	4	3	13.7.	18.7.	499	G90	4	4	4.7.	6.7.	499	G90	5	5	27.6.	30.6.
500	Standard10	4	5	9.7.	12.7.	500	Standard10	4	4	2.7.	3.7.	500	Standard10	5	5	27.6.	30.6.
501	G91	3	4	10.7.	12.7.	501	G91	4	4	6.7.	9.7.	501	G91	5	5	27.6.	30.6.
502	G92	4	4	7.7.	11.7.	502	G92	5	4	30.6.	1.7.	502	G92	5	5	25.6.	26.6.
503	G93	4	4	9.7.	11.7.	503	G93	4	4	1.7.	4.7.	503	G93	5	4	28.6.	1.7.
504	G94	4	5	9.7.	11.7.	504	G94	5	5	1.7.	2.7.	504	G94	5	4	1.7.	4.7.
505	G95	3	4	5.7.	7.7.	505	G95	4	4	1.7.	3.7.	505	G95	5	5	26.6.	30.6.
506	G96	3	4	8.7.	10.7.	506	G96	3	4	6.7.	8.7.	506	G96	5	5	27.6.	29.6.
507	G97	4	4	11.7.	13.7.	507	G97	3	4	3.7.	7.7.	507	G97	5	5	25.6.	27.6.
508	G98	5	4	12.7.	13.7.	508	G98	4	4	3.7.	3.7.	508	G98	5	5	28.6.	30.6.
509	G99	3	3	16.7.	17.7.	509	G99	4	4	1.7.	4.7.	509	G99	5	4	1.7.	4.7.
510	Standard1	4	3	12.7.	12.7.	510	Standard1	4	5	3.7.	5.7.	510	Standard1	5	5	27.6.	30.6.
511	G100	4	3	13.7.	13.7.	511	G100	4	4	1.7.	3.7.	511	G100	5	5	28.6.	30.6.
512	G101	4	3	13.7.	13.7.	512	G101	4	4	30.6.	1.7.	512	G101	5	5	27.6.	30.6.
513	G102	4	4	9.7.	12.7.	513	G102	4	4	6.7.	8.7.	513	G102	5	5	3.7.	5.7.
514	G103	5	4	8.7.	11.7.	514	G104	5	4	30.6.	2.7.	514	G104	5	5	27.6.	28.6.
515	G104	4	4	9.7.	12.7.	515	G105	4	4	5.7.	7.7.	515	G105	4	5	2.7.	4.7.
516	G105	4	4	12.7.	13.7.	516	G108	5	4	29.6.	1.7.	516	G108	5	5	24.6.	25.6.
517	G106	3	4	11.7.	12.7.	517	Standard2	4	4	6.7.	7.7.	517	Standard2	5	5	25.6.	28.6.
518	G107	4	5	8.7.	9.7.	518	G109	4	5	1.7.	3.7.	518	G109	5	5	25.6.	28.6.
519	G108	4	5	4.7.	6.7.	519	G110	4	5	30.6.	1.7.	519	G110	5	5	27.6.	30.6.
520	Standard2	4	4	11.7.	12.7.	520	G111	5	5	30.6.	1.7.	520	G111	5	5	27.6.	1.7.
521	G109	4	5	7.7.	11.7.	521	G112	5	5	28.6.	30.6.	521	G112	5	5	26.6.	30.6.
522	G110	5	5	6.7.	7.7.	522	G113	3	4	1.7.	4.7.	522	G113	5	5	26.6.	27.6.
523	G111	4	4	9.7.	12.7.	523	G228	4	4	30.6.	1.7.	523	G228	5	5	25.6.	27.6.
524	G112	4	4	9.7.	11.7.	524	G229	5	4	29.6.	1.7.	524	G229	5	5	25.6.	27.6.
525	G113	4	3	12.7.	13.7.	525	G116	4	4	1.7.	3.7.	525	G116	5	5	25.6.	27.6.
526	G114	4	4	9.7.	12.7.	526	G117	4	4	5.7.	7.7.	526	G117	5	4	24.6.	27.6.
527	G115	3	4	7.7.	8.7.	527	Standard3	5	5	1.7.	4.7.	527	Standard3	5	5	27.6.	1.7.
528	G116	4	4	6.7.	7.7.	528	G118	4	4	1.7.	3.7.	528	G118	5	4	25.6.	27.6.
529	G117	4	4	7.7.	8.7.	529	G119	5	5	1.7.	2.7.	529	G119	5	4	27.6.	30.6.
530	Standard3	4	5	8.7.	9.7.	530	G120	4	4	30.6.	1.7.	530	G120	5	4	25.6.	26.6.
531	G118	3	4	8.7.	9.7.	531	G121	4	4	1.7.	3.7.	531	G121	5	4	25.6.	27.6.
532	G119	3	4	11.7.	12.7.	532	G122	5	4	1.7.	2.7.	532	G122	5	4	26.6.	27.6.
533	G120	3	4	8.7.	11.7.	533	G227	4	4	28.6.	1.7.	533	G227	5	3	27.6.	30.6.
534	G121	3	4	7.7.	13.7.	534	G124	5	4	29.6.	30.6.	534	G124	5	3	28.6.	1.7.
535	G122	3	4	9.7.	12.7.	535	G125	4	4	30.6.	3.7.	535	G125	5	3	26.6.	28.6.
536	G123	3	5	6.7.	7.7.	536	G126	4	4	30.6.	3.7.	536	G126	5	3	27.6.	30.6.
537	G124	4	4	7.7.	8.7.	537	Standard4	4	4	4.7.	5.7.	537	Standard4	5	4	30.6.	4.7.
538	G125	4	5	7.7.	8.7.	538	G127	4	4	30.6.	2.7.	538	G127	5	3	28.6.	2.7.
539	G126	4	4	4.7.	6.7.	539	G128	4	4	28.6.	1.7.	539	G128	5	4	27.6.	30.6.
540	Standard4	4	4	9.7.	11.7.	540	G129	5	5	1.7.	3.7.	540	G129	5	5	27.6.	30.6.
541	G127	3	3	8.7.	12.7.	541	G130	4	4	29.6.	2.7.	541	G130	5	5	26.6.	27.6.
542	G128	4	4	9.7.	9.7.	542	G131	4	4	29.6.	2.7.	542	G131	5	4	26.6.	27.6.
543	G129	4	4	12.7.	17.7.	543	G132	4	4	1.7.	3.7.	543	G132	5	5	26.6.	27.6.
544	G130	4	5	6.7.	7.7.	544	G133	4	4	1.7.	3.7.	544	G133	5	5	26.6.	27.6.
545	G131	4	4	6.7.	7.7.	545	G134	3	4	1.7.	4.7.	545	G134	5	5	25.6.	26.6.
546	G132	4	4	6.7.	8.7.	546	G135	5	5	30.6.	1.7.	546	G135	5	4	25.6.	29.6.
547	G133	4	5	5.7.	7.7.	547	Standard5	5	5	30.6.	1.7.	547	Standard5	5	4	25.6.	27.6.
548	G134	4	4	7.7.	8.7.	548	G136	5	5	29.6.	2.7.	548	G136	5	5	26.6.	28.6.
549	G135	3	4	7.7.	9.7.	549	G137	4	5	1.7.	3.7.	549	G137	5	5	24.6.	26.6.
550	Standard5	5	5	5.7.	6.7.	550	G138	4	5	30.6.	1.7.	550	G138	5	5	26.6.	27.6.
551	G136	5	4	7.7.	8.7.	551	G139	4	4	1.7.	3.7.	551	G139	5	5	26.6.	27.6.
552	G137	3	3	7.7.	8.7.	552	G140	5	5	30.6.	2.7.	552	G140	5	5	27.6.	30.6.
553	G138	4	4	7.7.	8.7.	553	G141	4	4	5.7.	7.7.	553	G141	5	5	26.6.	27.6.
554	G139	4	4	5.7.	7.7.	554	G142	5	4	28.6.	30.6.	554	G142	5	5	26.6.	27.6.
555	G140	3	3	13.7.	18.7.	555	G143	4	4	1.7.	4.7.	555	G143	4	4	27.6.	1.7.
556	G141	3	4	8.7.	12.7.	556	G144	4	4	30.6.	2.7.	556	G144	5	5	25.6.	27.6.
557	G142	4	4	9.7.	9.7.	557	Standard6	4	4	30.6.	1.7.	557	Standard6	5	4	28.6.	1.7.
558	G143	4	4	13.7.	17.7.	558	G145	4	4	4.7.	4.7.	558	G145	5	4	26.6.	30.6.
559	G144	4	4	9.7.	12.7.	559	G146	4	4	30.6.	3.7.	559	G146	5	5	25.6.	27.6.
560	Standard6	4	4	7.7.	8.7.	560	G147	4	4	30.6.	3.7.	560	G147	5	5	25.6.	27.6.

561	G145	4	5	7.7.	9.7.	561	G148	4	4	30.6.	3.7.	561	G148	3	5	27.6.	30.6.
562	G146	5	5	8.7.	9.7.	562	G149	4	4	1.7.	4.7.	562	G149	5	4	27.6.	1.7.
563	G147	5	5	7.7.	8.7.	563	G150	4	4	1.7.	2.7.	563	G150	5	3	1.7.	4.7.
564	G148	4	4	9.7.	12.7.	564	G151	4	4	2.7.	4.7.	564	G151	5	3	26.6.	30.6.
565	G149	5	5	5.7.	7.7.	565	G152	4	4	1.7.	4.7.	565	G152	5	3	28.6.	1.7.
566	G150	4	4	7.7.	8.7.	566	G153	4	4	4.7.	7.7.	566	G153	5	5	25.6.	27.6.
567	G151	4	4	7.7.	12.7.	567	Standard7	4	4	28.6.	30.6.	567	Standard7	5	4	1.7.	2.7.
568	G152	4	3	12.7.	13.7.	568	G154	4	4	29.6.	2.7.	568	G154	5	5	25.6.	27.6.
569	G153	3	4	8.7.	12.7.	569	G155	5	5	3.7.	4.7.	569	G155	5	5	28.6.	2.7.
570	Standard7	4	4	9.7.	11.7.	570	G156	5	5	4.7.	7.7.	570	G156	5	4	28.6.	3.7.
571	G154	4	4	7.7.	8.7.	571	G157	5	4	1.7.	4.7.	571	G157	5	4	27.6.	1.7.
572	G155	4	3	12.7.	17.7.	572	G158	4	4	1.7.	2.7.	572	G158	5	4	27.6.	29.6.
573	G156	4	3	12.7.	17.7.	573	G159	3	4	6.7.	8.7.	573	G159	5	4	27.6.	1.7.
574	G157	4	4	8.7.	12.7.	574	G160	4	4	4.7.	8.7.	574	G160	5	5	26.6.	1.7.
575	G158	5	4	9.7.	11.7.	575	G161	4	4	1.7.	2.7.	575	G161	5	5	27.6.	30.6.
576	G159	4	3	12.7.	17.7.	576	G162	5	5	30.6.	2.7.	576	G162	5	5	30.6.	3.7.
577	G160	4	3	13.7.	17.7.	577	Standard8	4	5	1.7.	3.7.	577	Standard8	5	5	27.6.	1.7.
578	G161	4	4	12.7.	17.7.	578	G226	4	5	1.7.	4.7.	578	G226	5	5	25.6.	27.6.
579	G162	4	4	9.7.	12.7.	579	G164	4	5	2.7.	4.7.	579	G164	5	5	29.6.	1.7.
580	Standard8	4	4	9.9.	12.7.	580	G165	5	4	2.7.	4.7.	580	G165	5	5	28.6.	1.7.
581	G163	4	3	13.7.	17.7.	581	G166	5	5	1.7.	3.7.	581	G166	5	5	1.7.	3.7.
582	G164	3	4	12.7.	19.7.	582	G167	5	4	1.7.	2.7.	582	G167	5	5	30.6.	3.7.
583	G165	4	5	8.7.	11.7.	583	G169	4	4	5.7.	8.7.	583	G169	5	5	30.6.	2.7.
584	G166	4	3	16.7.	19.7.	584	G170	4	4	5.7.	5.7.	584	G170	5	5	27.6.	1.7.
585	G167	4	3	13.7.	13.7.	585	G171	4	4	30.6.	2.7.	585	G171	5	5	25.6.	27.6.
586	G168	4	3	16.7.	19.7.	586	Standard9	4	4	30.6.	3.7.	586	Standard9	5	5	27.6.	28.6.
587	G169	4	3	15.7.	19.7.	587	G172	5	5	28.6.	1.7.	587	G172	5	5	25.6.	27.6.
588	G170	4	3	16.7.	18.7.	588	G173	4	4	29.6.	1.7.	588	G173	5	5	25.6.	26.6.
589	G171	4	3	12.7.	13.7.	589	G174	4	4	1.7.	4.7.	589	G174	5	5	25.6.	27.6.
590	Standard9	4	3	12.7.	16.7.	590	G175	4	4	1.7.	3.7.	590	G175	5	5	27.6.	28.6.
591	G172	4	3	8.7.	12.7.	591	G176	4	4	30.6.	2.7.	591	G176	5	5	27.6.	1.7.
592	G173	4	3	13.7.	17.7.	592	G177	5	5	1.7.	3.7.	592	G177	5	5	27.6.	1.7.
593	G174	4	3	13.7.	19.7.	593	G178	4	4	5.7.	7.7.	593	G178	5	5	1.7.	3.7.
594	G175	3	3	12.7.	17.7.	594	G179	3	4	8.7.	9.7.	594	G179	5	5	30.6.	7.3.
595	G176	4	4	9.7.	12.7.	595	G180	3	4	5.7.	7.7.	595	G180	5	5	28.6.	30.6.
596	G177	5	4	5.7.	8.7.	596	Standard10	4	4	28.6.	30.6.	596	Standard10	5	5	27.6.	30.6.
597	G178	5	5	9.7.	12.7.	597	G181	4	4	29.6.	1.7.	597	G181	5	5	27.6.	28.6.
598	G179	4	4	9.7.	18.7.	598	G182	3	4	7.7.	8.7.	598	G182	5	4	2.7.	4.7.
599	G180	4	4	12.7.	17.7.	599	G183	3	4	5.7.	8.7.	599	G183	5	5	27.6.	1.7.
600	Standard10	3	4	13.7.	17.7.	600	G184	3	4	4.7.	7.7.	600	G184	5	5	26.6.	28.6.
601	G181	4	4	8.7.	9.7.	601	G185	3	4	6.7.	9.7.	601	G185	5	5	25.6.	27.6.
602	G182	4	4	12.7.	17.7.	602	G186	3	4	9.7.	10.7.	602	G186	5	5	26.6.	27.6.
603	G183	4	5	9.7.	11.7.	603	G187	3	4	4.7.	8.7.	603	G187	5	4	2.7.	4.7.
604	G184	5	4	7.7.	8.7.	604	G188	3	4	4.7.	8.7.	604	G188	5	5	1.7.	2.7.
605	G185	3	3	8.7.	10.7.	605	G189	4	4	1.7.	4.7.	605	G189	5	5	28.6.	1.7.
606	G186	4	5	8.7.	10.7.	606	Standard1	3	4	1.7.	3.7.	606	Standard1	5	5	27.6.	1.7.
607	G187	4	3	12.7.	17.7.	607	G190	3	4	5.7.	8.7.	607	G190	5	5	26.6.	1.7.
608	G188	5	3	12.7.	19.7.	608	G191	3	4	6.7.	9.7.	608	G191	5	5	26.6.	30.6.
609	G189	4	3	17.7.	19.7.	609	G192	3	4	6.7.	8.7.	609	G192	5	5	26.6.	28.6.
610	Standard1	5	3	13.7.	17.7.	610	G193	3	4	5.7.	8.7.	610	G193	5	5	27.6.	30.6.
611	G190	4	3	13.7.	17.7.	611	G194	4	5	30.6.	2.7.	611	G194	5	5	27.6.	30.6.
612	G191	4	3	17.7.	19.7.	612	G195	4	5	1.7.	4.7.	612	G195	5	5	26.6.	30.6.
613	G192	4	3	12.7.	17.7.	613	G196	4	5	4.7.	8.7.	613	G196	5	5	26.6.	28.6.
614	G193	4	3	13.7.	17.7.	614	G197	5	4	29.6.	2.7.	614	G197	5	5	27.6.	1.7.
615	G194	5	3	11.7.	13.7.	615	G198	4	4	29.6.	1.7.	615	G198	5	5	27.6.	1.7.
616	G195	4	4	8.7.	12.7.	616	Standard2	4	4	1.7.	4.7.	616	Standard2	5	5	27.6.	1.7.
617	G196	4	4	12.7.	17.7.	617	G199	5	5	1.7.	4.7.	617	G199	5	5	27.6.	1.7.
618	G197	4	5	7.7.	8.7.	618	G200	4	4	1.7.	2.7.	618	G200	5	5	25.6.	27.6.
619	G198	4	4	12.7.	13.7.	619	G201	5	5	30.6.	1.7.	619	G201	5	5	27.6.	30.6.
620	Standard2	3	4	12.7.	17.7.	620	G202	4	4	1.7.	2.7.	620	G202	5	5	26.6.	27.6.
621	G199	4	4	7.7.	8.7.	621	G203	5	5	1.7.	2.7.	621	G203	5	5	26.6.	27.6.
622	G200	4	5	5.7.	10.7.	622	G204	4	4	1.7.	4.7.	622	G204	5	5	28.6.	1.7.
623	G201	4	4	9.7.	11.7.	623	G205	4	4	1.7.	3.7.	623	G205	5	5	27.6.	1.7.
624	G202	4	4	9.7.	13.7.	624	G206	5	4	30.6.	2.7.	624	G206	3	5	29.6.	1.7.
625	G203	4	4	9.7.	13.7.	625	G207	4	4	30.6.	3.7.	625	G207	5	5	24.6.	26.6.
626	G204	4	5	5.7.	8.7.	626	Standard3	4	5	4.7.	8.7.	626	Standard3	5	5	28.6.	30.6.
627	G205	4	5	5.7.	7.7.	627	G208	5	4	28.6.	30.6.	627	G208	5	5	26.6.	27.6.
628	G206	3	4	9.7.	12.7.	628	G209	5	4	28.6.	30.6.	628	G209	5	4	25.6.	27.6.
629	G207	4	4	8.7.	12.7.	629	G210	5	4	29.6.	1.7.	629	G210	5	5	25.6.	26.6.
630	Standard3	4	5	9.7.	11.7.	630	G211	4	4	29.6.	1.7.	630	G211	5	4	25.6.	27.6.
631	G208	3	3	13.7.	13.7.	631	G212	4	4	30.6.	2.7.	631	G212	5	4	24.6.	26.6.
632	G209	4	4	9.7.	12.7.	632	G213	4	4	30.6.	2.7.	632	G213	5	5	23.6.	25.6.
633	G210	4	4	9.7.	12.7.	633	G214	4	4	28.6.	1.7.	633	G214	5	4	27.6.	29.6.
634	G211	3	4	9.7.	13.7.	634	G215	4	4	28.6.	30.6.	634	G215	5	4	25.6.	27.6.
635	G212	4	4	8.7.	9.7.	635	G216	4	4	28.6.	1.7.	635	G216	5	5	24.6.	26.6.
636	G213	4	5	4.7.	5.7.	636	Standard4	4	5	4.7.	7.7.	636	Standard4	5	3	30.6.	2.7.
637	G214	4	4	11.7.	12.7.	637	G217	4	4	30.6.	1.7.	637	G217	5	4	24.6.	26.6.
638	G215	4	5	5.7.	7.7.	638	G218	4	4	1.7.	3.7.	638	G218	5	5	23.6.	25.6.
639	G216	3	4	7.7.	7.7.	639	G219	5	5	1.7.	2.7.	639	G219	5	4	26.6.	30.6.
640	Standard4	4	5	9.7.	12.7.	640	G220	5	5	30.6.	1.7.	640	G220	5	5	25.6.	27.6.

641	G217	3	4	12.7.	13.7.	641	G221	5	4	30.6.	1.7.	641	G221	5	5	26.6.	28.6.
642	G218	4	4	7.7.	8.7.	642	G222	4	4	2.7.	3.7.	642	G222	5	5	25.6.	27.6.
643	G219	3	4	11.7.	17.7.	643	G223	4	4	30.6.	1.7.	643	G223	5	5	23.6.	25.6.
644	G220	4	5	7.7.	8.7.	644	G225	5	4	28.6.	30.6.	644	G225	5	4	26.6.	27.6.
645	G221	3	4	11.7.	12.7.	645	G178	4	4	2.7.	4.7.	645	G178	5	5	2.7.	5.7.
646	G222	4	4	11.7.	12.7.	646	Standard5	5	5	28.6.	29.6.	646	Standard5	5	5	24.6.	25.6.
647	G223	4	4	7.7.	11.7.	647	G1	4	4	4.7.	5.7.	647	G1	5	5	3.7.	6.7.
648	G225	3	3	13.7.	17.7.	648	G3	4	4	5.7.	8.7.	648	G3	5	5	1.7.	2.7.
649	G226	3	4	17.7.	19.7.	649	G4	4	4	4.7.	8.7.	649	G4	5	5	1.7.	2.7.
650	Standard5	5	5	5.7.	7.7.	650	G5	4	4	6.7.	8.7.	650	G5	5	5	1.7.	3.7.
651	G227	3	4	8.7.	9.7.	651	G6	5	5	30.6.	2.7.	651	G6	5	5	28.6.	30.6.
652	G228	4	5	8.7.	8.7.	652	G7	3	4	4.7.	8.7.	652	G7	3	4	28.6.	1.7.
653	G229	3	4	7.7.	8.7.	653	G8	5	4	1.7.	4.7.	653	G8	5	5	28.6.	30.6.
654	G178	4	4	9.7.	17.7.	654	G10	4	4	2.7.	5.7.	654	G10	5	5	27.6.	1.7.
655	G214	4	4	7.7.	8.7.	655	G11	5	4	30.6.	1.7.	655	G11	5	5	27.6.	1.7.
656	G14	4	5	7.7.	8.7.	656	G13	4	4	30.6.	1.7.	656	G13	5	3	30.6.	2.7.
657	G63	5	5	7.7.	8.7.	657	G14	4	4	28.6.	30.6.	657	G14	5	4	27.6.	28.6.
658	G131	4	4	7.7.	8.7.	658	G15	4	4	2.7.	4.7.	658	G15	5	5	25.6.	27.6.
659	G202	3	4	8.7.	9.7.	659	G16	4	4	3.7.	5.7.	659	G16	5	4	28.6.	30.6.
660	G218	3	4	4.7.	7.7.	660	G18	3	4	5.7.	7.7.	660	G18	5	4	30.6.	2.7.
661	G165	4	5	8.7.	11.7.	661	G19	5	5	30.6.	2.7.	661	G19	5	5	25.6.	27.6.
662	G179	4	5	7.7.	12.7.	662	G20	4	4	3.7.	8.7.	662	G20	5	4	27.6.	2.7.
663	G89	4	4	5.7.	6.7.	663	G21	4	4	2.7.	3.7.	663	G21	5	3	30.6.	2.7.
664	G169	3	4	13.7.	17.7.	664	G22	5	4	1.7.	2.7.	664	G22	5	3	3.7.	5.7.
665	G198	4	5	8.7.	9.7.	665	G24	4	4	2.7.	4.7.	665	G24	5	3	1.7.	4.7.
666	G26	5	4	11.7.	17.7.	666	Standard9	3	4	4.7.	7.7.	666	Standard9	5	5	24.6.	26.6.
667	G50	5	4	13.7.	16.7.	667	G25	4	4	2.7.	4.7.	667	G25	5	3	29.6.	1.7.
668	G47	4	4	9.7.	16.7.	668	G109	4	4	2.7.	3.7.	668	G109	5	5	25.6.	27.6.
669	G213	4	4	5.7.	7.7.	669	G110	4	4	2.7.	4.7.	669	G110	5	5	26.6.	30.6.
670	G41	3	3	9.7.	11.7.	670	G111	4	5	1.7.	3.7.	670	G111	5	5	27.6.	30.6.
671	G67	3	3	9.7.	12.7.	671	G112	5	5	30.6.	1.7.	671	G112	5	5	27.6.	30.6.
672	G204	4	4	7.7.	8.7.	672	G228	5	5	29.6.	1.7.	672	G228	5	5	25.6.	27.6.
673	G136	4	4	7.7.	8.7.	673	G116	4	4	1.7.	2.7.	673	G116	5	4	25.6.	27.6.
674	Standard9	4	4	5.7.	6.7.	674	G119	4	4	1.7.	3.7.	674	G119	5	5	25.6.	27.6.
675	G210	3	4	6.7.	7.7.	675	G120	4	4	2.7.	3.7.	675	G120	5	5	25.6.	27.6.
676	G194	4	4	8.7.	9.7.	676	G122	5	4	1.7.	2.7.	676	G122	5	5	25.6.	26.6.
677	G27	4	5	9.7.	13.7.	677	G227	4	4	30.6.	1.7.	677	G227	5	5	25.6.	27.6.
678	G75	4	4	9.7.	12.7.	678	G124	5	4	30.6.	1.7.	678	G124	5	5	25.6.	27.6.
679	G120	4	5	4.7.	6.7.	679	G126	4	4	28.6.	30.6.	679	G126	5	5	26.6.	29.6.
680	G24	3	4	12.7.	12.7.	680	G128	5	5	28.6.	29.6.	680	G128	5	5	27.6.	29.6.
681	G182	4	4	17.7.	18.7.	681	G130	5	5	29.6.	1.7.	681	G130	5	5	26.6.	28.6.
682	G46	4	4	9.7.	13.7.	682	G132	4	4	1.7.	3.7.	682	G132	5	5	26.6.	28.6.
683	G215	4	5	5.7.	7.7.	683	G133	4	4	1.7.	4.7.	683	G133	5	5	25.6.	27.6.
684	G4	4	3	16.7.	17.7.	684	G135	3	4	1.7.	2.7.	684	G135	5	5	25.6.	26.6.
685	G205	4	4	8.7.	12.7.	685	G136	5	5	1.7.	2.7.	685	G136	5	5	25.6.	27.6.
686	G60	3	3	13.7.	17.7.	686	G137	4	4	1.7.	2.7.	686	G137	5	5	25.6.	27.6.
687	G209	3	3	8.7.	9.7.	687	G139	4	4	2.7.	3.7.	687	G139	5	5	24.6.	26.6.
688	G32	4	3	13.7.	18.7.	688	Standard7	4	4	2.7.	3.7.	688	Standard7	5	5	26.6.	28.6.
689	G170	4	3	17.7.	19.7.	689	G26	4	4	3.7.	5.7.	689	G26	5	5	1.7.	4.7.
690	G2	4	3	17.7.	18.7.	690	G27	4	4	5.7.	7.7.	690	G27	5	5	1.7.	4.7.
691	G59	4	3	17.7.	17.7.	691	G28	4	4	4.7.	8.7.	691	G28	5	5	30.6.	3.7.
692	G55	4	3	17.7.	18.7.	692	G31	4	4	4.7.	7.7.	692	G31	5	4	1.7.	4.7.
693	G15	4	3	17.7.	18.7.	693	Standard2	3	4	4.7.	7.7.	693	Standard2	5	5	28.6.	1.7.
694	G72	4	3	17.7.	18.7.	694	G142	3	4	4.7.	7.7.	694	G142	5	5	27.6.	1.7.
695	G20	4	5	9.7.	11.7.	695	G143	3	4	8.7.	9.7.	695	G143	5	5	28.6.	1.7.
696	Standard7	4	5	8.7.	9.7.	696	G144	4	4	30.6.	2.7.	696	G144	5	5	25.6.	27.6.
697	G7	3	4	11.7.	13.7.	697	G145	4	4	5.7.	8.7.	697	G145	5	5	27.6.	1.7.
698	G1	3	4	17.7.	18.7.	698	G32	3	4	9.7.	10.7.	698	G32	5	5	2.7.	4.7.
699	G151	3	3	9.7.	12.7.	699	G35	4	4	4.7.	8.7.	699	G35	5	5	28.6.	30.6.
700	G111	4	4	11.7.	12.7.	700	G36	3	4	6.7.	8.7.	700	G36	5	5	28.6.	29.6.
701	Standard2	5	4	12.7.	16.7.	701	G37	3	4	8.7.	9.7.	701	G37	5	4	28.6.	1.7.
702	G145	3	4	8.7.	12.7.	702	G39	3	4	8.7.	10.7.	702	G39	5	4	1.7.	5.7.
703	G8	3	3	9.7.	13.7.	703	Standard8	3	4	8.7.	10.7.	703	Standard8	5	5	30.6.	2.7.
704	G101	4	5	6.7.	7.7.	704	G146	4	4	30.6.	1.7.	704	G146	5	5	27.6.	29.6.
705	G196	3	5	7.7.	8.7.	705	G147	4	4	5.7.	8.7.	705	G147	5	5	27.6.	1.7.
706	G66	4	5	12.7.	13.7.	706	Standard7	3	4	3.7.	4.7.	706	Standard7	5	5	29.6.	1.7.
707	G78	3	3	13.7.	17.7.	707	G150	4	4	5.7.	8.7.	707	G150	5	5	28.6.	1.7.
708	G12	4	3	17.7.	19.7.	708	Standard10	3	4	5.7.	8.7.	708	Standard10	5	5	26.6.	28.6.
709	G175	4	3	12.7.	17.7.	709	G151	4	4	8.7.	9.7.	709	G151	5	4	28.6.	2.7.
710	G28	4	3	13.7.	19.7.	710	Standard10	3	4	8.7.	9.7.	710	Standard10	5	5	25.6.	26.6.
711	Standard8	4	3	12.7.	13.7.	711	G154	5	5	30.6.	1.7.	711	G154	5	5	26.6.	28.6.
712	G171	3	3	11.7.	12.7.	712	G155	3	4	5.7.	8.7.	712	G155	5	5	28.6.	2.7.
713	G77	4	3	13.7.	17.7.	713	G156	4	4	8.7.	9.7.	713	G156	5	5	1.7.	5.7.
714	Standard7	4	3	12.7.	13.7.	714	G162	5	5	2.7.	4.7.	714	G162	5	5	28.6.	2.7.
715	G158	4	3	12.7.	19.7.	715	G165	4	4	2.7.	3.7.	715	G165	5	5	28.6.	1.7.
716	Standard10	4	3	13.7.	17.7.	716	Standard6	4	4	30.6.	1.7.	716	Standard6	5	5	27.6.	30.6.
717	G25	4	3	16.7.	19.7.	717	G40	4	4	6.7.	8.7.	717	G40	5	5	27.6.	1.7.
718	Standard10	5	4	8.7.	9.7.	718	G41	4	4	1.7.	2.7.	718	G41	5	5	28.6.	2.7.
719	G85	4	4	11.7.	12.7.	719	G42	3	4	2.7.	5.7.	719	G42	5	5	3.7.	5.7.
720	G62	4	4	12.7.	13.7.	720	G43	4	4	5.7.	8.7.	720	G43	5	5	28.6.	1.7.

721	G90	4	5	8.7.	12.7.	721	G44	5	5	2.7.	4.7.	721	G44	5	5	28.6.	2.7.
722	G181	4	5	5.7.	7.7.	722	G45	4	4	2.7.	3.7.	722	G45	5	5	26.6.	2.7.
723	G208	3	4	9.7.	11.7.	723	G46	4	4	3.7.	4.7.	723	G46	5	5	1.7.	4.7.
724	Standard6	4	5	7.7.	8.7.	724	G47	5	4	1.7.	2.7.	724	G47	5	5	26.6.	30.6.
725	G48	4	4	12.7.	18.7.	725	G49	5	4	30.6.	1.7.	725	G49	5	5	27.6.	30.6.
726	G155	4	4	9.7.	11.7.	726	G50	4	5	5.7.	8.7.	726	G50	5	5	28.6.	1.7.
727	G159	4	4	8.7.	12.7.	727	Standard3	4	4	4.7.	8.7.	727	Standard3	5	5	28.6.	30.6.
728	G92	4	5	4.7.	6.7.	728	G167	4	4	4.7.	8.7.	728	G167	5	3	28.6.	2.7.
729	G80	4	4	9.7.	11.7.	729	G169	4	4	5.7.	8.7.	729	G169	5	3	30.6.	1.7.
730	G142	4	5	8.7.	9.7.	730	Standard4	5	5	1.7.	2.7.	730	Standard4	5	5	27.6.	30.6.
731	G102	4	4	9.7.	11.7.	731	G170	4	4	4.7.	5.7.	731	G170	5	5	29.6.	1.7.
732	G173	4	4	7.7.	8.7.	732	G171	5	5	27.6.	28.6.	732	G171	5	4	26.6.	29.6.
733	G156	3	3	9.7.	12.7.	733	G172	4	4	1.7.	3.7.	733	G172	5	4	25.6.	27.6.
734	G81	4	4	8.7.	8.7.	734	G173	4	4	1.7.	2.7.	734	G173	5	4	26.6.	30.6.
735	Standard3	4	4	9.7.	11.7.	735	G174	4	4	4.7.	6.7.	735	G174	5	5	26.6.	1.7.
736	G180	4	4	7.7.	8.7.	736	G175	4	4	29.6.	1.7.	736	G175	5	3	27.6.	30.6.
737	G31	4	4	9.7.	12.7.	737	G176	4	4	1.7.	2.7.	737	G176	5	3	1.7.	4.7.
738	Standard4	4	5	9.7.	9.7.	738	G177	5	4	1.7.	2.7.	738	G177	5	3	28.6.	1.7.
739	G86	5	5	7.7.	8.7.	739	G178	5	4	1.7.	2.7.	739	G178	5	4	1.7.	2.7.
740	G206	4	5	9.7.	12.7.	740	G179	4	5	2.7.	4.7.	740	G179	5	5	27.6.	2.7.
741	G18	3	3	13.7.	17.7.	741	G180	4	4	2.7.	4.7.	741	G180	5	4	27.6.	1.7.
742	G36	4	4	8.7.	10.7.	742	G181	4	4	1.7.	2.7.	742	G181	5	4	25.6.	26.6.
743	G54	4	4	9.7.	11.7.	743	G182	4	4	2.7.	4.7.	743	G182	5	5	30.6.	4.7.
744	G73	4	4	9.7.	11.7.	744	G184	4	4	3.7.	4.7.	744	G184	5	5	26.6.	28.6.
745	G94	4	4	8.7.	8.7.	745	G185	5	4	30.6.	1.7.	745	G185	5	4	24.6.	26.6.
746	G184	5	5	7.7.	8.7.	746	G187	5	4	30.6.	1.7.	746	G187	5	4	27.6.	1.7.
747	G200	4	4	5.7.	7.7.	747	G188	4	4	4.7.	8.7.	747	G188	5	5	27.6.	1.7.
748	G176	4	4	8.7.	12.7.	748	G51	4	4	2.7.	3.7.	748	G51	5	5	27.6.	30.6.
749	G195	4	5	9.7.	10.7.	749	G52	4	4	30.6.	1.7.	749	G52	5	4	27.6.	28.6.
750	G76	4	5	7.7.	11.7.	750	G53	4	4	3.7.	5.7.	750	G53	5	5	1.7.	2.7.
751	G187	5	5	5.7.	8.7.	751	Standard5	4	4	4.7.	7.7.	751	Standard5	5	5	29.6.	30.6.
752	G189	3	4	8.7.	9.7.	752	G189	5	5	1.7.	2.7.	752	G189	5	3	29.6.	2.7.
753	G40	3	4	9.7.	13.7.	753	G194	4	4	3.7.	4.7.	753	G194	5	5	26.6.	28.6.
754	G162	4	4	8.7.	11.7.	754	G195	5	4	30.6.	1.7.	754	G195	5	5	25.6.	27.6.
755	G61	4	4	9.7.	12.7.	755	G196	4	4	1.7.	3.7.	755	G196	5	4	27.6.	1.7.
756	G16	4	4	9.7.	11.7.	756	Standard9	4	4	30.6.	1.7.	756	Standard9	5	4	27.6.	30.6.
757	G177	4	4	7.7.	12.7.	757	G54	4	5	4.7.	7.7.	757	G54	5	5	25.6.	27.6.
758	G83	3	3	8.7.	12.7.	758	G55	4	4	1.7.	2.7.	758	G55	5	5	24.6.	26.6.
759	Standard5	5	5	7.7.	8.7.	759	G59	4	4	30.6.	1.7.	759	G59	5	3	30.6.	1.7.
760	G9	4	5	13.7.	17.7.	760	G60	4	4	1.7.	3.7.	760	G60	5	3	30.6.	1.7.
761	G70	4	4	9.7.	11.7.	761	Standard8	4	4	2.7.	3.7.	761	Standard8	5	5	27.6.	30.6.
762	G143	4	5	9.7.	12.7.	762	G197	5	4	2.7.	3.7.	762	G197	5	5	26.6.	28.6.
763	G53	4	5	11.7.	12.7.	763	G198	4	4	3.7.	4.7.	763	G198	5	3	1.7.	3.7.
764	Standard9	3	4	7.7.	9.7.	764	G199	4	4	3.7.	4.7.	764	G199	5	3	30.6.	2.7.
765	G93	3	4	7.7.	8.7.	765	G200	4	4	4.7.	5.7.	765	G200	5	3	25.6.	26.6.
766	G57	3	4	9.7.	12.7.	766	G202	5	4	28.6.	29.6.	766	G202	5	5	25.6.	26.6.
767	G154	5	4	7.7.	8.7.	767	G205	4	4	4.7.	8.7.	767	G205	5	3	1.7.	3.7.
768	G110	4	4	9.7.	11.7.	768	G207	4	4	29.6.	1.7.	768	G207	5	3	26.6.	27.6.
769	Standard8	4	4	8.7.	9.7.	769	G208	5	4	28.6.	29.6.	769	G208	5	3	26.6.	27.6.
770	G42	4	4	13.7.	19.7.	770	G210	4	4	3.7.	3.7.	770	G210	5	5	26.6.	27.6.
771	G11	4	5	9.7.	11.7.	771	G211	4	4	2.7.	3.7.	771	G211	5	5	25.6.	27.6.
772	G64	4	4	9.7.	12.7.	772	G212	4	4	1.7.	2.7.	772	G212	5	4	25.6.	27.6.
773	G133	4	4	7.7.	8.7.	773	Standard1	4	4	1.7.	3.7.	773	Standard1	4	4	27.6.	30.6.
774	G201	4	4	8.7.	12.7.	774	G61	3	4	4.7.	7.7.	774	G61	5	4	28.6.	1.7.
775	G197	4	4	9.7.	12.7.	775	G65	3	4	5.7.	8.7.	775	G65	5	5	27.6.	30.6.
776	G49	4	4	9.7.	12.7.	776	Standard6	5	5	28.6.	30.6.	776	Standard6	5	4	29.6.	1.7.
777	G71	4	5	8.7.	9.7.	777	G66	4	4	1.7.	4.7.	777	G66	4	4	27.6.	1.7.
778	G172	4	5	7.7.	8.7.	778	G67	5	4	28.6.	30.6.	778	G67	5	5	26.6.	28.6.
779	G188	4	5	8.7.	9.7.	779	G70	3	4	3.7.	5.7.	779	G70	5	5	27.6.	1.7.
780	G112	4	4	7.7.	8.7.	780	G214	5	4	30.6.	1.7.	780	G214	4	4	27.6.	30.6.
781	Standard1	4	3	11.7.	13.7.	781	G215	4	4	1.7.	2.7.	781	G215	5	5	26.6.	28.6.
782	G56	4	4	11.7.	12.7.	782	G218	4	4	1.7.	3.7.	782	G218	5	5	25.6.	26.6.
783	G65	4	5	7.7.	8.7.	783	G73	4	4	4.7.	7.7.	783	G73	5	5	27.6.	1.7.
784	Standard6	4	3	8.7.	12.7.	784	G74	3	4	4.7.	5.7.	784	G74	5	5	28.6.	1.7.
785	G150	3	3	13.7.	17.7.	785	G75	4	4	2.7.	4.7.	785	G75	5	5	28.6.	30.6.
786	G105	4	3	16.7.	19.7.	786	G76	4	4	5.7.	7.7.	786	G76	5	5	28.6.	1.7.
787	G174	4	3	11.7.	12.7.	787	G220	3	4	1.7.	3.7.	787	G220	5	5	27.6.	1.7.
788	G211	4	4	8.7.	12.7.	788	G221	5	4	2.7.	3.7.	788	G221	5	4	27.6.	1.7.
789	G79	4	4	8.7.	11.7.	789	G178	4	4	6.7.	8.7.	789	G178	5	4	1.7.	3.7.
790	G100	3	3	12.7.	17.7.	790	G77	4	4	6.7.	8.7.	790	G77	5	5	1.7.	2.7.
791	G105	4	4	9.7.	12.7.	791	G81	3	4	4.7.	8.7.	791	G81	5	4	28.6.	30.6.
792	G151	4	3	9.7.	12.7.	792	G82	3	4	5.7.	8.7.	792	G82	5	4	30.6.	3.7.
793	G158	4	3	9.7.	17.7.	793	G110	3	4	9.7.	10.7.	793	G110	5	4	29.6.	1.7.
794	G159	4	4	9.7.	11.7.	794	G111	4	4	4.7.	6.7.	794	G111	5	5	27.6.	1.7.
795	G197	4	5	10.7.	11.7.	795	G112	3	4	6.7.	8.7.	795	G112	5	5	29.6.	2.7.
796	G200	4	5	7.7.	8.7.	796	G28	4	4	4.7.	9.7.	796	G28	5	5	1.7.	3.7.
797	G201	4	5	5.7.	8.7.	797	G55	4	4	1.7.	2.7.	797	G55	5	5	27.6.	30.6.
798	G202	4	5	8.7.	9.7.	798	G42	4	4	4.7.	7.7.	798	G42	5	5	3.7.	5.7.
799	G204	3	3	12.7.	17.7.	799	G46	3	4	9.7.	10.7.	799	G46	5	4	3.7.	5.7.
800	G205	3	3	13.7.	19.7.	800	G178	3	4	4.7.	8.7.	800	G178	5	4	2.7.	6.7.

801	G1	3	4	17.7.	18.7.	801	G1	4	4	3.7.	4.7.	801	G1	5	4	1.7.	4.7.
802	G2	3	3	16.7.	19.7.	802	G2	3	4	8.7.	10.7.	802	G2	5	5	2.7.	4.7.
803	G3	3	3	17.7.	19.7.	803	G3	4	4	8.7.	10.7.	803	G3	5	4	3.7.	5.7.
804	G4	4	5	10.7.	11.7.	804	G4	4	4	8.7.	9.7.	804	G4	5	5	1.7.	2.7.
805	G5	3	3	17.7.	19.7.	805	G5	4	4	4.7.	8.7.	805	G5	5	5	3.7.	5.7.
806	G6	4	3	12.7.	19.7.	806	G6	4	4	4.7.	7.7.	806	G6	5	5	2.7.	3.7.
807	G7	3	3	17.7.	19.7.	807	G7	3	3	9.7.	10.7.	807	G7	5	5	30.6.	2.7.
808	G8	3	3	17.7.	18.7.	808	G8	5	4	4.7.	7.7.	808	G8	5	4	28.6.	30.6.
809	G9	3	3	17.7.	19.7.	809	G9	3	4	9.7.	10.7.	809	G9	5	4	4.7.	6.7.
810	Standard1	4	4	10.7.	11.7.	810	Standard1	5	5	1.7.	3.7.	810	Standard1	5	4	30.6.	1.7.
811	G10	3	4	13.7.	19.7.	811	G10	4	4	5.7.	8.7.	811	G10	5	4	30.6.	2.7.
812	G11	3	4	11.7.	12.7.	812	G11	3	4	5.7.	8.7.	812	G11	5	5	1.7.	2.7.
813	G12	4	4	11.7.	12.7.	813	G12	4	4	5.7.	8.7.	813	G12	5	4	30.6.	1.7.
814	G13	4	5	8.7.	9.7.	814	G13	4	4	4.7.	5.7.	814	G13	5	5	30.6.	1.7.
815	G14	4	4	12.7.	13.7.	815	G14	4	4	1.7.	3.7.	815	G14	5	5	27.6.	30.6.
816	G15	4	4	12.7.	19.7.	816	G15	5	5	30.6.	2.7.	816	G15	5	5	27.6.	30.6.
817	G16	3	3	17.7.	19.7.	817	G16	4	4	3.7.	3.7.	817	G16	5	4	28.6.	30.6.
818	G17	4	5	9.7.	9.7.	818	G17	4	4	5.7.	8.7.	818	G17	5	4	1.7.	2.7.
819	G18	3	3	13.7.	19.7.	819	G18	3	3	6.7.	9.7.	819	G18	5	5	28.6.	1.7.
820	Standard2	3	4	9.7.	12.7.	820	Standard2	4	4	1.7.	3.7.	820	Standard2	5	5	27.6.	30.6.
821	G19	3	4	9.7.	11.7.	821	G19	4	4	1.7.	3.7.	821	G19	4	4	27.6.	30.6.
822	G20	3	4	8.7.	9.7.	822	G20	4	4	4.7.	7.7.	822	G20	5	5	26.6.	27.6.
823	G21	3	5	9.7.	9.7.	823	G21	4	4	4.7.	8.7.	823	G21	5	5	27.6.	29.6.
824	G22	3	4	11.7.	11.7.	824	G22	4	4	3.7.	4.7.	824	G22	5	4	28.6.	30.6.
825	G23	3	3	17.7.	19.7.	825	G23	4	4	6.7.	9.7.	825	G23	5	4	1.7.	4.7.
826	G24	3	4	11.7.	12.7.	826	G24	3	4	8.7.	9.7.	826	G24	5	5	28.6.	30.6.
827	G25	4	5	10.7.	11.7.	827	G25	3	4	8.7.	9.7.	827	G25	5	4	28.6.	30.6.
828	G26	5	5	11.7.	12.7.	828	G26	5	4	1.7.	3.7.	828	G26	5	3	1.7.	4.7.
829	G27	3	5	12.7.	13.7.	829	G27	4	4	1.7.	3.7.	829	G27	5	3	30.6.	2.7.
830	Standard3	3	4	9.7.	12.7.	830	Standard3	5	4	1.7.	2.7.	830	Standard3	5	4	29.6.	2.7.
831	G28	5	5	11.7.	12.7.	831	G28	5	4	1.7.	3.7.	831	G28	5	4	2.7.	4.7.
832	G29	4	4	13.7.	17.7.	832	G29	4	4	2.7.	5.7.	832	G29	5	4	30.6.	4.7.
833	G30	3	4	13.7.	17.7.	833	G30	4	4	4.7.	8.7.	833	G30	5	3	3.7.	4.7.
834	G31	4	4	12.7.	17.7.	834	G31	4	4	4.7.	4.7.	834	G31	5	3	4.7.	6.7.
835	G32	4	5	11.7.	12.7.	835	G32	4	4	4.7.	8.7.	835	G32	5	5	1.7.	4.7.
836	G33	3	3	13.7.	19.7.	836	G33	4	4	6.7.	9.7.	836	G33	5	4	1.7.	4.7.
837	G34	3	4	12.7.	13.7.	837	G34	4	4	5.7.	8.7.	837	G34	5	3	1.7.	4.7.
838	G35	3	5	9.7.	12.7.	838	G35	4	4	4.7.	5.7.	838	G35	5	3	1.7.	4.7.
839	G36	3	5	9.7.	11.7.	839	G36	4	4	4.7.	8.7.	839	G36	5	5	1.7.	4.7.
840	Standard4	3	4	10.7.	11.7.	840	Standard4	5	4	1.7.	4.7.	840	Standard4	5	5	28.6.	30.6.
841	G37	3	3	13.7.	19.7.	841	G37	4	4	4.7.	8.7.	841	G37	5	3	1.7.	2.7.
842	G38	4	5	10.7.	11.7.	842	G38	4	4	3.7.	4.7.	842	G38	5	3	2.7.	4.7.
843	G39	4	4	12.7.	17.7.	843	G39	4	4	5.7.	8.7.	843	G39	5	5	30.6.	1.7.
844	G40	3	4	9.7.	11.7.	844	G40	5	5	1.7.	3.7.	844	G40	5	5	29.6.	1.7.
845	G41	4	5	11.7.	12.7.	845	G41	5	5	1.7.	5.7.	845	G41	5	4	1.7.	4.7.
846	G42	4	5	12.7.	12.7.	846	G42	4	4	4.7.	5.7.	846	G42	5	4	2.7.	4.7.
847	G43	4	5	11.7.	12.7.	847	G43	5	4	1.7.	3.7.	847	G43	5	5	30.6.	1.7.
848	G44	4	4	11.7.	12.7.	848	G44	4	4	4.7.	8.7.	848	G44	5	5	30.6.	3.7.
849	G45	3	4	10.7.	11.7.	849	G45	4	4	1.7.	1.7.	849	G45	5	4	28.6.	29.6.
850	Standard5	5	5	5.7.	7.7.	850	Standard5	5	5	1.7.	1.7.	850	Standard5	4	4	27.6.	30.6.
851	G46	4	4	12.7.	12.7.	851	G46	4	4	1.7.	3.7.	851	G46	5	4	29.6.	4.7.
852	G47	4	4	13.7.	17.7.	852	G47	5	4	30.6.	4.7.	852	G47	5	4	28.6.	2.7.
853	G48	3	4	13.7.	17.7.	853	G48	4	4	5.7.	8.7.	853	G48	5	5	30.6.	2.7.
854	G49	4	4	9.7.	12.7.	854	G49	4	4	1.7.	3.7.	854	G49	4	4	29.6.	3.7.
855	G50	4	4	11.7.	17.7.	855	G50	5	5	30.6.	1.7.	855	G50	5	4	30.6.	2.7.
856	G51	4	5	11.7.	12.7.	856	G51	5	4	1.7.	3.7.	856	G51	5	4	27.6.	2.7.
857	G52	4	4	8.7.	9.7.	857	G52	4	4	1.7.	3.7.	857	G52	5	5	27.6.	29.6.
858	G53	3	3	17.7.	19.7.	858	G53	4	4	3.7.	4.7.	858	G53	5	5	1.7.	4.7.
859	G54	5	4	9.7.	19.7.	859	G54	4	4	1.7.	2.7.	859	G54	4	4	30.6.	4.7.
860	Standard6	4	5	6.7.	7.7.	860	Standard6	4	4	30.6.	30.6.	860	Standard6	5	5	27.6.	29.6.
861	G55	4	5	6.7.	7.7.	861	G55	5	4	28.6.	30.6.	861	G55	5	5	24.6.	26.6.
862	G56	4	5	9.7.	11.7.	862	G56	4	4	4.7.	7.7.	862	G56	4	3	1.7.	4.7.
863	G57	3	3	11.7.	12.7.	863	G57	3	4	5.7.	9.7.	863	G57	5	3	1.7.	4.7.
864	G58	3	3	12.7.	19.7.	864	G58	3	4	1.7.	2.7.	864	G58	5	3	27.6.	29.6.
865	G59	4	5	7.7.	10.7.	865	G59	4	4	1.7.	3.7.	865	G59	4	4	29.6.	30.6.
866	G60	4	4	9.7.	11.7.	866	G60	4	4	4.7.	6.7.	866	G60	4	4	27.6.	30.6.
867	G61	4	4	12.7.	16.7.	867	G61	4	4	3.7.	6.7.	867	G61	5	3	4.7.	7.7.
868	G62	3	3	13.7.	19.7.	868	G62	4	4	4.7.	8.7.	868	G62	5	3	1.7.	2.7.
869	G63	3	3	11.7.	18.7.	869	G63	4	4	4.7.	6.7.	869	G63	5	5	26.6.	29.6.
870	Standard7	3	5	12.7.	18.7.	870	Standard7	5	4	30.6.	2.7.	870	Standard7	5	4	1.7.	2.7.
871	G64	4	4	8.7.	10.7.	871	G64	3	4	3.7.	4.7.	871	G64	5	4	1.7.	2.7.
872	G65	4	4	9.7.	11.7.	872	G65	4	4	29.6.	30.6.	872	G65	5	4	27.6.	30.6.
873	G66	4	4	9.7.	12.7.	873	G66	3	4	1.7.	4.7.	873	G66	5	4	30.6.	3.7.
874	G67	4	4	9.7.	13.7.	874	G67	4	4	29.6.	1.7.	874	G67	5	5	25.6.	27.6.
875	G68	4	4	11.7.	12.7.	875	G68	3	4	28.6.	30.6.	875	G68	4	4	4.7.	7.7.
876	G69	4	3	13.7.	17.7.	876	G69	5	4	30.6.	1.7.	876	G69	5	4	27.6.	30.6.
877	G70	4	4	13.7.	16.7.	877	G70	5	4	29.6.	1.7.	877	G70	5	5	28.6.	30.6.
878	G71	4	4	9.7.	12.7.	878	G71	5	4	29.6.	2.7.	878	G71	4	4	28.6.	1.7.
879	G72	4	5	8.7.	12.7.	879	G72	4	4	30.6.	2.7.	879	G72	4	4	27.6.	30.6.
880	Standard8	3	4	8.7.	9.7.	880	Standard8	5	4	1.7.	2.7.	880	Standard8	5	5	27.6.	29.6.

881	G73	3	3	12.7.	17.7.	881	G73	4	4	3.7.	5.7.	881	G73	5	5	1.7.	3.7.
882	G74	4	3	13.7.	19.7.	882	G74	3	3	4.7.	8.7.	882	G74	5	5	27.6.	3.7.
883	G75	4	4	10.7.	11.7.	883	G75	4	3	3.7.	5.7.	883	G75	5	5	27.6.	2.7.
884	G76	3	3	17.7.	19.7.	884	G76	3	4	2.7.	5.7.	884	G76	5	5	27.6.	2.7.
885	G77	3	3	16.7.	9.7.	885	G77	4	4	2.7.	4.7.	885	G77	5	5	28.6.	1.7.
886	G78	4	3	17.7.	19.7.	886	G78	3	4	29.6.	30.6.	886	G78	5	5	27.6.	29.6.
887	G79	4	3	12.7.	16.7.	887	G79	3	4	30.6.	1.7.	887	G79	5	4	29.6.	2.7.
888	G80	4	5	8.7.	9.7.	888	G80	5	4	28.6.	29.6.	888	G80	5	4	27.6.	1.7.
889	G81	4	4	11.7.	12.7.	889	G81	4	4	30.6.	4.7.	889	G81	5	4	30.6.	3.7.
890	Standard9	3	4	8.7.	10.7.	890	Standard9	4	4	30.6.	1.7.	890	Standard9	3	3	26.6.	28.6.
891	G82	3	3	12.7.	18.7.	891	G82	4	4	30.6.	1.7.	891	G82	5	5	25.6.	27.6.
892	G83	4	3	12.7.	17.7.	892	G83	4	4	30.6.	1.7.	892	G83	5	4	27.6.	2.7.
893	G84	4	3	11.7.	17.7.	893	G84	4	4	30.6.	1.7.	893	G84	5	4	27.6.	30.6.
894	G85	4	3	19.7.	19.7.	894	G42	3	4	5.7.	8.7.	894	G42	4	5	1.7.	4.7.
895	G86	4	3	12.7.	17.7.	895	G86	5	4	29.6.	1.7.	895	G86	5	5	2.7.	4.7.
896	G87	3	3	8.7.	12.7.	896	G87	3	4	4.7.	8.7.	896	G87	5	5	2.7.	4.7.
897	G88	4	5	9.7.	10.7.	897	G88	4	4	1.7.	3.7.	897	G88	5	5	3.7.	6.7.
898	G89	4	4	8.7.	11.7.	898	G89	3	4	2.7.	5.7.	898	G89	4	4	1.7.	4.7.
899	G90	3	3	11.7.	12.7.	899	G90	3	4	5.7.	8.7.	899	G90	4	4	1.7.	4.7.
900	Standard10	3	4	13.7.	17.7.	900	Standard10	3	4	1.7.	3.7.	900	Standard10	5	5	27.6.	30.6.
901	G91	3	4	17.7.	18.7.	901	G91	3	4	2.7.	4.7.	901	G91	5	5	30.6.	1.7.
902	G92	3	4	7.7.	11.7.	902	G92	4	4	29.6.	2.7.	902	G92	5	5	26.6.	28.6.
903	G93	4	4	8.7.	9.7.	903	G93	3	3	1.7.	5.7.	903	G93	5	5	27.6.	1.7.
904	G94	4	4	11.7.	12.7.	904	G94	4	4	30.6.	3.7.	904	G94	5	5	28.6.	30.6.
905	G95	4	4	9.7.	12.7.	905	G95	4	4	1.7.	5.7.	905	G95	5	5	29.6.	30.6.
906	G96	3	3	12.7.	19.7.	906	G96	4	4	4.7.	6.7.	906	G96	5	5	28.6.	1.7.
907	G97	3	4	8.7.	10.7.	907	G97	3	3	7.7.	10.7.	907	G97	5	5	28.6.	29.6.
908	G98	3	4	12.7.	13.7.	908	G98	4	4	1.7.	2.7.	908	G98	5	5	29.6.	30.6.
909	G99	3	4	18.7.	19.7.	909	G99	4	4	2.7.	4.7.	909	G99	5	4	2.7.	4.7.
910	Standard1	4	4	10.7.	11.7.	910	Standard1	4	4	4.7.	7.7.	910	Standard1	5	4	29.6.	2.7.
911	G100	3	4	11.7.	12.7.	911	G100	4	4	4.7.	8.7.	911	G100	5	4	28.6.	30.6.
912	G101	3	4	8.7.	9.7.	912	G101	4	4	3.7.	4.7.	912	G101	5	4	28.6.	1.7.
913	G102	4	4	9.7.	11.7.	913	G102	4	4	4.7.	8.7.	913	G102	5	4	4.7.	6.7.
914	G103	4	4	11.7.	12.7.	914	G104	4	4	1.7.	3.7.	914	G104	5	4	27.6.	30.6.
915	G104	4	5	9.7.	11.7.	915	G105	4	4	1.7.	3.7.	915	G105	5	4	29.6.	1.7.
916	G105	3	4	13.7.	19.7.	916	G108	5	4	29.6.	30.6.	916	G108	5	5	25.6.	26.6.
917	G106	3	3	13.7.	19.7.	917	Standard2	4	4	2.7.	2.7.	917	Standard2	5	4	27.6.	30.6.
918	G107	4	5	11.7.	11.7.	918	G109	4	4	4.7.	6.7.	918	G109	4	4	28.6.	1.7.
919	G108	4	5	5.7.	7.7.	919	G110	5	4	28.6.	30.6.	919	G110	5	5	27.6.	28.6.
920	Standard2	4	5	9.7.	11.7.	920	G111	5	4	29.6.	2.7.	920	G111	5	5	27.6.	30.6.
921	G109	3	4	9.7.	12.7.	921	G112	5	4	29.6.	1.7.	921	G112	5	5	27.6.	1.7.
922	G110	4	5	7.7.	8.7.	922	G113	3	4	29.6.	1.7.	922	G113	5	5	25.6.	27.6.
923	G111	3	4	9.7.	11.7.	923	G228	5	4	29.6.	1.7.	923	G228	5	5	24.6.	26.6.
924	G112	3	4	8.7.	9.7.	924	G229	5	4	29.6.	30.6.	924	G229	5	5	24.6.	27.6.
925	G113	3	3	17.7.	19.7.	925	G116	5	4	29.6.	30.6.	925	G116	5	5	24.6.	26.6.
926	G114	3	3	17.7.	19.7.	926	G117	3	3	5.7.	9.7.	926	G117	5	5	25.6.	27.6.
927	G115	3	4	8.7.	9.7.	927	Standard3	5	5	1.7.	3.7.	927	Standard3	5	5	27.6.	30.6.
928	G116	3	5	6.7.	7.7.	928	G118	4	4	1.7.	1.7.	928	G118	5	4	26.6.	28.6.
929	G117	3	4	9.7.	11.7.	929	G119	4	4	30.6.	2.7.	929	G119	5	5	27.6.	30.6.
930	Standard3	4	5	9.7.	11.7.	930	G120	4	4	28.6.	30.6.	930	G120	5	5	26.6.	28.6.
931	G118	4	4	8.7.	9.7.	931	G121	4	4	29.6.	30.6.	931	G121	5	4	26.6.	28.6.
932	G119	3	3	12.7.	18.7.	932	G122	5	4	28.6.	30.6.	932	G122	5	5	28.6.	30.6.
933	G120	5	4	8.7.	9.7.	933	G227	4	4	29.6.	1.7.	933	G227	5	4	25.6.	27.6.
934	G121	4	4	8.7.	11.7.	934	G124	4	4	4.7.	5.7.	934	G124	5	3	28.6.	1.7.
935	G122	3	4	8.7.	10.7.	935	G125	3	4	4.7.	6.7.	935	G125	5	5	25.6.	29.6.
936	G123	3	4	10.7.	11.7.	936	G126	4	4	27.6.	29.6.	936	G126	5	4	26.6.	28.6.
937	G124	4	4	8.7.	9.7.	937	Standard4	4	4	2.7.	3.7.	937	Standard4	5	4	1.7.	2.7.
938	G125	3	4	8.7.	9.7.	938	G127	5	4	29.6.	30.6.	938	G127	5	4	26.6.	30.6.
939	G126	3	4	7.7.	8.7.	939	G128	4	4	5.7.	6.7.	939	G128	5	4	27.6.	30.6.
940	Standard4	3	5	9.7.	11.7.	940	G129	4	4	3.7.	4.7.	940	G129	5	5	28.6.	1.7.
941	G127	3	3	11.7.	11.7.	941	G130	5	4	1.7.	2.7.	941	G130	5	5	25.6.	26.6.
942	G128	3	4	10.7.	10.7.	942	G131	5	4	30.6.	1.7.	942	G131	5	4	26.6.	27.6.
943	G129	3	4	12.7.	12.7.	943	G132	4	4	1.7.	2.7.	943	G132	5	5	26.6.	27.6.
944	G130	4	5	7.7.	8.7.	944	G133	4	4	30.6.	1.7.	944	G133	5	5	25.6.	27.6.
945	G131	4	5	6.7.	7.7.	945	G134	3	4	3.7.	4.7.	945	G134	5	5	23.6.	26.6.
946	G132	4	5	6.7.	7.7.	946	G135	5	5	28.6.	30.6.	946	G135	5	5	25.6.	27.6.
947	G133	4	5	6.7.	7.7.	947	Standard5	5	5	28.6.	29.6.	947	Standard5	5	5	23.6.	25.6.
948	G134	4	4	7.7.	8.7.	948	G136	4	4	30.6.	1.7.	948	G136	5	4	25.6.	27.6.
949	G135	3	3	9.7.	10.7.	949	G137	5	4	28.6.	30.6.	949	G137	5	5	24.6.	27.6.
950	Standard5	5	5	5.7.	6.7.	950	G138	5	4	29.6.	1.7.	950	G138	5	5	24.6.	26.6.
951	G136	5	5	6.7.	7.7.	951	G139	5	4	29.6.	1.7.	951	G139	5	5	24.6.	26.6.
952	G137	3	4	7.7.	8.7.	952	G140	4	4	1.7.	4.7.	952	G140	5	5	27.6.	30.6.
953	G138	3	4	8.7.	9.7.	953	G141	4	4	30.6.	3.7.	953	G141	5	5	27.6.	29.6.
954	G139	4	5	6.7.	7.7.	954	G142	3	4	5.7.	8.7.	954	G142	5	5	27.6.	29.6.
955	G140	3	3	8.7.	8.7.	955	G143	4	4	6.7.	8.7.	955	G143	5	5	28.6.	1.7.
956	G141	4	4	8.7.	9.7.	956	G144	4	4	1.7.	2.7.	956	G144	5	5	26.6.	28.6.
957	G142	3	4	8.7.	9.7.	957	Standard6	4	4	28.6.	29.6.	957	Standard6	5	5	28.6.	30.6.
958	G143	3	3	13.7.	19.7.	958	G145	4	4	2.7.	6.7.	958	G145	5	5	27.6.	30.6.
959	G144	4	4	7.7.	8.7.	959	G146	5	4	28.6.	30.6.	959	G146	5	4	27.6.	28.6.
960	Standard6	4	5	7.7.	7.7.	960	G147	4	4	1.7.	4.7.	960	G147	5	5	26.6.	30.6.

961	G145	4	5	5.7.	8.7.	961	G148	3	4	2.7.	5.7.	961	G148	3	4	28.6.	29.6.
962	G146	3	5	7.7.	8.7.	962	G149	4	4	1.7.	3.7.	962	G149	5	5	27.6.	30.6.
963	G147	3	4	7.7.	8.7.	963	G150	4	4	30.6.	1.7.	963	G150	5	4	28.6.	1.7.
964	G148	3	3	9.7.	12.7.	964	G151	4	4	3.7.	4.7.	964	G151	5	4	28.6.	3.7.
965	G149	4	5	8.7.	10.7.	965	G152	4	4	30.6.	2.7.	965	G152	5	4	29.6.	1.7.
966	G150	4	4	8.7.	9.7.	966	G153	3	4	4.7.	6.7.	966	G153	5	5	2.7.	5.7.
967	G151	4	4	8.7.	9.7.	967	Standard7	4	4	1.7.	1.7.	967	Standard7	5	3	4.7.	6.7.
968	G152	4	3	11.7.	12.7.	968	G154	4	4	30.6.	1.7.	968	G154	5	5	25.6.	29.6.
969	G153	3	4	8.7.	11.7.	969	G155	4	4	1.7.	3.7.	969	G155	5	4	25.6.	27.6.
970	Standard7	3	3	12.7.	19.7.	970	G156	5	4	1.7.	5.7.	970	G156	5	4	1.7.	4.7.
971	G154	3	4	6.7.	7.7.	971	G157	4	4	1.7.	3.7.	971	G157	5	5	26.6.	28.6.
972	G155	4	4	12.7.	9.7.204	972	G158	4	4	1.7.	3.7.	972	G158	5	4	25.6.	27.6.
973	G156	4	4	9.7.	15.7.	973	G159	4	4	1.7.	4.7.	973	G159	5	4	25.6.	27.6.
974	G157	4	4	9.7.	15.7.	974	G160	4	4	4.7.	8.7.	974	G160	5	4	27.6.	1.7.
975	G158	4	5	8.7.	10.7.	975	G161	5	5	1.7.	4.7.	975	G161	5	4	27.6.	2.7.
976	G159	4	4	12.7.	15.7.	976	G162	5	5	29.6.	1.7.	976	G162	5	5	30.6.	4.7.
977	G160	3	4	11.7.	17.7.	977	Standard8	4	5	29.6.	2.7.	977	Standard8	5	5	26.6.	29.6.
978	G161	4	5	9.7.	16.7.	978	G226	5	5	29.6.	1.7.	978	G226	5	5	27.6.	28.6.
979	G162	4	5	8.7.	11.7.	979	G164	4	4	4.7.	4.7.	979	G164	5	5	28.6.	30.6.
980	Standard8	3	4	8.7.	10.7.	980	G165	5	5	30.6.	1.7.	980	G165	5	5	28.6.	30.6.
981	G163	3	4	9.7.	12.7.	981	G166	5	5	1.7.	4.7.	981	G166	5	4	30.6.	4.7.
982	G164	5	4	9.7.	14.7.	982	G167	4	5	30.6.	1.7.	982	G167	5	4	28.6.	1.7.
983	G165	5	5	9.7.	9.7.	983	G169	4	4	4.7.	6.7.	983	G169	5	4	2.7.	4.7.
984	G166	3	3	12.7.	19.7.	984	G170	4	5	5.7.	8.7.	984	G170	5	4	30.6.	4.7.
985	G167	3	3	12.7.	18.7.	985	G171	4	4	30.6.	1.7.	985	G171	5	5	26.6.	29.6.
986	G168	3	3	12.7.	18.7.	986	Standard9	4	4	30.6.	1.7.	986	Standard9	5	5	25.6.	27.6.
987	G169	4	5	12.7.	16.7.	987	G172	4	4	28.6.	1.7.	987	G172	5	5	25.6.	27.6.
988	G170	4	5	8.7.	9.7.	988	G173	5	4	28.6.	1.7.	988	G173	5	5	25.6.	27.6.
989	G171	3	4	6.7.	7.7.	989	G174	4	4	4.7.	5.7.	989	G174	5	5	26.6.	29.6.
990	Standard9	3	3	7.7.	9.7.	990	G175	4	4	5.7.	7.7.	990	G175	5	5	27.6.	30.6.
991	G172	4	4	6.7.	8.7.	991	G176	4	4	5.7.	6.7.	991	G176	5	4	30.6.	2.7.
992	G173	4	4	7.7.	10.7.	992	G177	4	4	4.7.	6.7.	992	G177	5	4	28.6.	2.7.
993	G174	4	3	8.7.	17.7.	993	G178	5	4	1.7.	3.7.	993	G178	5	4	1.7.	4.7.
994	G175	3	3	13.7.	18.7.	994	G179	4	4	3.7.	5.7.	994	G179	5	4	30.6.	3.7.
995	G176	3	3	13.7.	18.7.	995	G180	4	4	3.7.	6.7.	995	G180	5	5	30.6.	1.7.
996	G177	4	4	12.7.	16.7.	996	Standard10	4	4	3.7.	2.7.	996	Standard10	5	5	29.6.	3.7.
997	G178	5	4	12.7.	19.7.	997	G181	4	4	30.6.	30.6.	997	G181	5	5	26.6.	30.6.
998	G179	3	3	14.7.	19.7.	998	G182	3	4	4.7.	7.7.	998	G182	5	4	4.7.	5.7.
999	G180	3	4	9.7.	11.7.	999	G183	3	3	4.7.	9.7.	999	G183	5	3	2.7.	4.7.
1000	Standard10	3	3	12.7.	12.7.	1000	G184	5	4	30.6.	1.7.	1000	G184	5	5	26.6.	28.6.
1001	G181	4	4	8.7.	12.7.	1001	G185	4	4	4.7.	6.7.	1001	G185	5	5	25.6.	27.6.
1002	G182	3	4	17.7.	18.7.	1002	G186	3	4	4.7.	5.7.	1002	G186	5	5	29.6.	1.7.
1003	G183	3	4	11.7.	12.7.	1003	G187	4	4	30.6.	2.7.	1003	G187	5	3	30.6.	3.7.
1004	G184	5	5	7.7.	8.7.	1004	G188	4	4	4.7.	8.7.	1004	G188	5	5	30.6.	3.7.
1005	G185	4	5	8.7.	12.7.	1005	G189	3	3	4.7.	9.7.	1005	G189	5	4	30.6.	3.7.
1006	G186	4	4	11.7.	12.7.	1006	Standard1	4	3	4.7.	9.7.	1006	Standard1	5	5	30.6.	1.7.
1007	G187	4	4	12.7.	16.7.	1007	G190	4	3	30.6.	3.7.	1007	G190	5	5	1.7.	2.7.
1008	G188	4	4	8.7.	12.7.	1008	G191	4	4	2.7.	4.7.	1008	G191	5	5	26.6.	27.6.
1009	G189	4	4	12.7.	18.7.	1009	G192	4	4	28.6.	30.6.	1009	G192	5	4	27.6.	1.7.
1010	Standard1	5	5	7.7.	9.7.	1010	G193	4	4	1.7.	4.7.	1010	G193	5	4	1.7.	2.7.
1011	G190	3	3	8.7.	9.7.	1011	G194	4	4	30.6.	1.7.	1011	G194	5	4	27.6.	1.7.
1012	G191	3	4	6.7.	7.7.	1012	G195	4	4	1.7.	4.7.	1012	G195	5	5	27.6.	30.6.
1013	G192	4	5	6.7.	7.7.	1013	G196	4	4	2.7.	4.7.	1013	G196	5	5	27.6.	30.6.
1014	G193	4	4	7.7.	8.7.	1014	G197	4	4	2.7.	4.7.	1014	G197	5	5	27.6.	30.6.
1015	G194	3	4	12.7.	12.7.	1015	G198	5	4	30.6.	1.7.	1015	G198	5	5	27.6.	30.6.
1016	G195	5	4	11.7.	12.7.	1016	Standard2	4	4	2.7.	4.7.	1016	Standard2	5	5	27.6.	1.7.
1017	G196	3	4	13.7.	19.7.	1017	G199	4	4	2.7.	3.7.	1017	G199	5	4	29.6.	1.7.
1018	G197	5	5	10.7.	12.7.	1018	G200	4	4	28.6.	30.6.	1018	G200	5	4	25.6.	27.6.
1019	G198	4	4	12.7.	13.7.	1019	G201	5	4	28.6.	29.6.	1019	G201	5	5	24.6.	26.6.
1020	Standard2	4	4	12.7.	16.7.	1020	G202	5	4	28.6.	30.6.	1020	G202	5	4	26.6.	30.6.
1021	G199	4	4	12.7.	15.7.	1021	G203	5	4	28.6.	30.6.	1021	G203	5	5	25.6.	26.6.
1022	G200	4	5	7.7.	8.7.	1022	G204	4	4	30.6.	3.7.	1022	G204	5	5	28.6.	30.6.
1023	G201	4	4	7.7.	8.7.	1023	G205	4	4	30.6.	3.7.	1023	G205	5	5	26.6.	29.6.
1024	G202	3	4	9.7.	12.7.	1024	G206	4	4	4.7.	5.7.	1024	G206	3	4	29.6.	1.7.
1025	G203	3	4	11.7.	12.7.	1025	G207	5	4	28.6.	30.6.	1025	G207	5	5	23.6.	25.6.
1026	G204	4	5	8.7.	9.7.	1026	Standard3	4	5	4.7.	6.7.	1026	Standard3	5	4	30.6.	3.7.
1027	G205	4	4	7.7.	8.7.	1027	G208	4	4	1.7.	2.7.	1027	G208	5	4	25.6.	27.6.
1028	G206	4	5	11.7.	17.7.	1028	G209	4	4	29.6.	30.6.	1028	G209	5	4	24.6.	26.6.
1029	G207	3	3	11.7.	11.7.	1029	G210	4	4	28.6.	30.6.	1029	G210	5	5	25.6.	27.6.
1030	Standard3	4	4	9.7.	11.7.	1030	G211	4	4	29.6.	2.7.	1030	G211	5	5	26.6.	28.6.
1031	G208	4	4	10.7.	11.7.	1031	G212	5	4	28.6.	30.6.	1031	G212	5	5	25.6.	27.6.
1032	G209	4	4	8.7.	10.7.	1032	G213	5	4	27.6.	30.6.	1032	G213	5	5	24.6.	26.6.
1033	G210	4	4	9.7.	12.7.	1033	G214	5	4	28.6.	29.6.	1033	G214	5	4	27.6.	1.7.
1034	G211	4	4	5.7.	6.7.	1034	G215	4	4	28.6.	30.6.	1034	G215	5	3	27.6.	30.6.
1035	G212	4	4	6.7.	7.7.	1035	G216	4	4	28.6.	30.6.	1035	G216	5	5	25.6.	27.6.
1036	G213	4	4	4.7.	7.7.	1036	Standard4	4	4	2.7.	3.7.	1036	Standard4	5	4	1.7.	3.7.
1037	G214	4	4	9.7.	10.7.	1037	G217	4	4	30.6.	1.7.	1037	G217	5	4	27.6.	30.6.
1038	G215	4	4	5.7.	7.7.	1038	G218	4	4	30.6.	2.7.	1038	G218	5	4	27.6.	29.6.
1039	G216	3	4	8.7.	9.7.	1039	G219	3	4	2.7.	4.7.	1039	G219	5	5	27.6.	30.6.
1040	Standard4	3	4	9.7.	11.7.	1040	G220	3	4	4.7.	6.7.	1040	G220	5	5	26.6.	28.6.

1041	G217	4	4	7.7.	8.7.	1041	G221	4	4	29.6.	1.7.	1041	G221	5	4	26.6.	28.6.
1042	G218	4	4	5.7.	7.7.	1042	G222	4	4	30.6.	1.7.	1042	G222	5	4	26.6.	28.6.
1043	G219	3	4	9.7.	11.7.	1043	G223	4	4	1.7.	4.7.	1043	G223	5	5	25.6.	27.6.
1044	G220	4	4	9.7.	10.7.	1044	G225	4	4	1.7.	1.7.	1044	G225	5	5	25.6.	27.6.
1045	G221	4	4	11.7.	12.7.	1045	G178	4	4	3.7.	4.7.	1045	G178	5	5	30.6.	1.7.
1046	G222	3	4	9.7.	10.7.	1046	Standard5	4	4	30.6.	1.7.	1046	Standard5	5	5	27.6.	29.6.
1047	G223	3	4	6.7.	7.7.	1047	G1	4	4	4.7.	8.7.	1047	G1	5	5	1.7.	2.7.
1048	G225	3	4	7.7.	10.7.	1048	G3	4	4	4.7.	7.7.	1048	G3	5	5	2.7.	4.7.
1049	G226	3	4	8.7.	10.7.	1049	G4	3	4	6.7.	8.7.	1049	G4	5	4	29.6.	30.6.
1050	Standard5	5	5	5.7.	6.7.	1050	G5	4	4	7.7.	9.7.	1050	G5	5	5	1.7.	4.7.
1051	G227	3	3	8.7.	10.7.	1051	G6	4	4	4.7.	8.7.	1051	G6	5	4	28.6.	1.7.
1052	G228	4	5	7.7.	8.7.	1052	G7	3	4	5.7.	8.7.	1052	G7	4	3	28.6.	30.6.
1053	G229	4	5	4.7.	5.7.	1053	G8	4	4	4.7.	8.7.	1053	G8	5	5	28.6.	30.6.
1054	G178	4	5	9.7.	17.7.	1054	G10	4	4	4.7.	7.7.	1054	G10	5	5	27.6.	30.6.
1055	G214	5	5	6.7.	7.7.	1055	G11	5	5	1.7.	2.7.	1055	G11	5	5	28.6.	29.6.
1056	G14	4	4	7.7.	8.7.	1056	G13	5	5	30.6.	1.7.	1056	G13	5	4	28.6.	29.6.
1057	G63	4	5	6.7.	7.7.	1057	G14	5	5	29.6.	30.6.	1057	G14	5	4	28.6.	1.7.
1058	G131	3	4	6.7.	7.7.	1058	G15	4	4	4.7.	5.7.	1058	G15	5	5	27.6.	30.6.
1059	G202	4	4	6.7.	7.7.	1059	G16	4	4	2.7.	4.7.	1059	G16	5	4	30.6.	1.7.
1060	G218	4	5	5.7.	7.7.	1060	G18	3	4	5.7.	8.7.	1060	G18	5	3	2.7.	4.7.
1061	G165	4	4	8.7.	9.7.	1061	G19	5	4	1.7.	3.7.	1061	G19	5	5	27.6.	30.6.
1062	G179	3	3	13.7.	19.7.	1062	G20	4	4	1.7.	3.7.	1062	G20	5	5	27.6.	30.6.
1063	G89	4	5	5.7.	6.7.	1063	G21	4	4	4.7.	7.7.	1063	G21	5	4	30.6.	1.7.
1064	G169	3	3	13.7.	19.7.	1064	G22	5	4	1.7.	2.7.	1064	G22	5	4	2.7.	4.7.
1065	G198	4	4	8.7.	10.7.	1065	G24	4	4	3.7.	5.7.	1065	G24	5	3	3.7.	5.7.
1066	G26	3	4	9.7.	11.7.	1066	Standard9	3	4	2.7.	3.7.	1066	Standard9	5	3	27.6.	29.6.
1067	G50	4	4	11.7.	12.7.	1067	G25	4	4	1.7.	2.7.	1067	G25	5	3	30.6.	2.7.
1068	G47	4	4	12.7.	16.7.	1068	G109	5	5	1.7.	2.7.	1068	G109	5	4	27.6.	28.6.
1069	G213	4	4	6.7.	7.7.	1069	G110	5	5	1.7.	2.7.	1069	G110	5	4	27.6.	30.6.
1070	G41	4	4	9.7.	11.7.	1070	G111	5	5	28.6.	30.6.	1070	G111	5	5	27.6.	30.6.
1071	G67	3	4	9.7.	10.7.	1071	G112	5	5	28.6.	30.6.	1071	G112	5	5	28.6.	30.6.
1072	G204	3	4	8.7.	9.7.	1072	G228	5	4	1.7.	2.7.	1072	G228	5	5	25.6.	27.6.
1073	G136	3	4	6.7.	7.7.	1073	G116	4	4	1.7.	3.7.	1073	G116	5	4	27.6.	1.7.
1074	Standard9	4	4	6.7.	7.7.	1074	G119	4	4	2.7.	3.7.	1074	G119	5	4	27.6.	30.6.
1075	G210	5	5	6.7.	6.7.	1075	G120	5	4	28.6.	29.6.	1075	G120	5	5	25.6.	27.6.
1076	G194	4	4	7.7.	8.7.	1076	G122	5	4	1.7.	2.7.	1076	G122	5	5	24.6.	26.6.
1077	G27	4	4	9.7.	17.7.	1077	G227	5	4	28.6.	29.6.	1077	G227	4	4	24.6.	26.6.
1078	G75	4	4	9.7.	12.7.	1078	G124	5	4	1.7.	2.7.	1078	G124	5	5	24.6.	26.6.
1079	G120	4	5	5.7.	7.7.	1079	G126	5	4	28.6.	1.7.	1079	G126	5	5	25.6.	27.6.
1080	G24	5	5	9.7.	10.7.	1080	G128	5	4	28.6.	1.7.	1080	G128	5	5	25.6.	27.6.
1081	G182	4	3	13.7.	19.7.	1081	G130	5	4	28.6.	29.6.	1081	G130	5	5	24.6.	26.6.
1082	G46	4	4	11.7.	12.7.	1082	G132	5	4	29.6.	1.7.	1082	G132	5	5	24.6.	26.6.
1083	G215	5	5	5.7.	6.7.	1083	G133	4	4	2.7.	4.7.	1083	G133	5	4	25.6.	27.6.
1084	G4	3	3	13.7.	19.7.	1084	G135	4	4	2.7.	4.7.	1084	G135	5	5	25.6.	27.6.
1085	G205	3	4	8.7.	9.7.	1085	G136	4	4	1.7.	2.7.	1085	G136	5	4	25.6.	27.6.
1086	G60	4	4	9.7.	14.7.	1086	G137	4	4	2.7.	3.7.	1086	G137	5	5	24.6.	27.6.
1087	G209	3	3	12.7.	12.7.	1087	G139	5	4	29.6.	1.7.	1087	G139	5	5	24.6.	27.6.
1088	G32	4	5	12.7.	12.7.	1088	Standard7	4	5	29.6.	30.6.	1088	Standard7	5	5	28.6.	1.7.
1089	G170	4	5	9.7.	11.7.	1089	G26	4	4	1.7.	3.7.	1089	G26	5	5	30.6.	2.7.
1090	G2	4	4	11.7.	12.7.	1090	G27	4	4	4.7.	8.7.	1090	G27	5	5	30.6.	1.7.
1091	G59	3	4	10.7.	11.7.	1091	G28	4	4	5.7.	8.7.	1091	G28	5	4	30.6.	2.7.
1092	G55	3	4	8.7.	10.7.	1092	G31	5	5	2.7.	3.7.	1092	G31	5	4	3.7.	6.7.
1093	G15	4	5	8.7.	9.7.	1093	Standard2	3	4	4.7.	5.7.	1093	Standard2	5	5	30.6.	1.7.
1094	G72	4	3	13.7.	16.7.	1094	G142	3	4	4.7.	7.7.	1094	G142	4	5	28.6.	1.7.
1095	G20	4	4	9.7.	10.7.	1095	G143	4	4	4.7.	8.7.	1095	G143	4	5	28.6.	1.7.
1096	Standard7	4	4	9.7.	10.7.	1096	G144	3	4	6.7.	8.7.	1096	G144	5	5	28.6.	30.6.
1097	G7	4	4	11.7.	13.7.	1097	G145	5	4	1.7.	3.7.	1097	G145	5	5	28.6.	1.7.
1098	G1	4	4	13.7.	15.7.	1098	G32	4	4	5.7.	7.7.	1098	G32	5	5	1.7.	2.7.
1099	G151	3	3	13.7.	19.7.	1099	G35	5	4	1.7.	3.7.	1099	G35	5	5	1.7.	3.7.
1100	G111	3	3	12.7.	13.7.	1100	G36	4	4	3.7.	5.7.	1100	G36	5	5	27.6.	30.6.
1101	Standard2	3	4	17.7.	17.7.	1101	G37	3	4	6.7.	8.7.	1101	G37	5	4	3.7.	4.7.
1102	G145	3	3	18.7.	19.7.	1102	G39	4	4	4.7.	7.7.	1102	G39	5	4	3.7.	5.7.
1103	G8	3	4	12.7.	12.7.	1103	Standard8	3	4	6.7.	8.7.	1103	Standard8	5	4	4.7.	6.7.
1104	G101	4	5	7.7.	8.7.	1104	G146	4	4	28.6.	1.7.	1104	G146	5	5	28.6.	29.6.
1105	G196	4	4	8.7.	10.7.	1105	G147	4	4	1.7.	3.7.	1105	G147	5	5	28.6.	1.7.
1106	G66	3	3	18.7.	19.7.	1106	Standard7	3	4	5.7.	7.7.	1106	Standard7	5	5	28.6.	1.7.
1107	G78	3	3	18.7.	19.7.	1107	G150	4	4	1.7.	2.7.	1107	G150	5	5	28.6.	2.7.
1108	G12	4	4	12.7.	16.7.	1108	Standard10	5	5	30.6.	1.7.	1108	Standard10	5	5	26.6.	30.6.
1109	G175	4	3	12.7.	16.7.	1109	G151	3	4	5.7.	7.7.	1109	G151	5	4	30.6.	4.7.
1110	G28	4	5	13.7.	15.7.	1110	Standard10	4	4	29.6.	1.7.	1110	Standard10	5	5	25.6.	27.6.
1111	Standard8	4	4	8.7.	12.7.	1111	G154	4	4	30.6.	2.7.	1111	G154	5	4	28.6.	1.7.
1112	G171	4	5	6.7.	7.7.	1112	G155	5	4	3.7.	4.7.	1112	G155	5	4	30.6.	4.7.
1113	G77	4	5	11.7.	12.7.	1113	G156	4	4	4.7.	7.7.	1113	G156	5	4	30.6.	4.7.
1114	Standard7	5	5	8.7.	9.7.	1114	G162	4	4	2.7.	4.7.	1114	G162	5	5	27.6.	1.7.
1115	G158	3	4	12.7.	12.7.	1115	G165	5	4	2.7.	3.7.	1115	G165	5	5	28.6.	30.6.
1116	Standard10	3	4	9.7.	10.7.	1116	Standard6	4	4	28.6.	30.6.	1116	Standard6	5	5	28.6.	30.6.
1117	G25	3	5	10.7.	11.7.	1117	G40	5	4	30.6.	1.7.	1117	G40	5	4	1.7.	4.7.
1118	Standard10	4	4	5.7.	7.7.	1118	G41	4	4	1.7.	2.7.	1118	G41	5	4	1.7.	4.7.
1119	G85	4	4	8.7.3	9.7.	1119	G42	4	4	1.7.	3.7.	1119	G42	5	3	2.7.	4.7.
1120	G62	3	5	10.7.	11.7.	1120	G43	5	5	30.6.	1.7.	1120	G43	5	4	2.7.	3.7.

1121	G90	5	4	7.7.	8.7.	1121	G44	5	4	1.7.	3.7.	1121	G44	5	4	30.6.	2.7.
1122	G181	4	5	5.7.	6.7.	1122	G45	5	4	28.6.	1.7.	1122	G45	5	4	26.6.	28.6.
1123	G208	4	4	8.7.	9.7.	1123	G46	5	5	1.7.	2.7.	1123	G46	5	5	30.6.	4.7.
1124	Standard6	5	4	6.7.	7.7.	1124	G47	5	4	1.7.	3.7.	1124	G47	5	5	28.6.	30.6.
1125	G48	4	4	13.7.	15.7.	1125	G49	4	4	5.7.	7.7.	1125	G49	5	5	30.6.	2.7.
1126	G155	4	4	9.7.	11.7.	1126	G50	3	4	6.7.	8.7.	1126	G50	5	4	2.7.	4.7.
1127	G159	4	4	8.7.	9.7.	1127	Standard3	5	4	28.6.	30.6.	1127	Standard3	5	5	29.6.	1.7.
1128	G92	3	4	6.7.	7.7.	1128	G167	4	4	2.7.	4.7.	1128	G167	5	4	29.6.	1.7.
1129	G80	4	4	7.7.	8.7.	1129	G169	4	4	5.7.	7.7.	1129	G169	4	4	1.7.	4.7.
1130	G142	5	5	7.7.	8.7.	1130	Standard4	4	4	1.7.	2.7.	1130	Standard4	5	5	30.6.	2.7.
1131	G102	4	4	8.7.	9.7.	1131	G170	4	4	1.7.	4.7.	1131	G170	5	5	30.6.	1.7.
1132	G173	4	4	6.7.	7.7.	1132	G171	4	4	30.6.	1.7.	1132	G171	5	5	26.6.	30.6.
1133	G156	4	4	12.7.	13.7.	1133	G172	4	4	30.6.	2.7.	1133	G172	5	5	26.6.	30.6.
1134	G81	4	4	9.7.	10.7.	1134	G173	4	4	28.6.	29.6.	1134	G173	5	4	27.6.	1.7.
1135	Standard3	4	4	8.7.	8.7.	1135	G174	4	4	1.7.	3.7.	1135	G174	5	4	26.6.	30.6.
1136	G180	5	4	7.7.	9.7.	1136	G175	4	4	30.6.	1.7.	1136	G175	5	5	28.6.	30.6.
1137	G31	4	4	10.7.	11.7.	1137	G176	5	4	1.7.	3.7.	1137	G176	5	4	29.6.	1.7.
1138	Standard4	4	5	9.7.	10.7.	1138	G177	5	4	1.7.	2.7.	1138	G177	5	4	29.6.	1.7.
1139	G86	5	5	8.7.	9.7.	1139	G178	5	4	30.6.	1.7.	1139	G178	5	4	29.6.	2.7.
1140	G206	3	5	9.7.	17.7.	1140	G179	4	4	2.7.	4.7.	1140	G179	5	5	30.6.	2.7.
1141	G18	3	3	12.7.	12.7.	1141	G180	4	4	2.7.	4.7.	1141	G180	5	5	27.6.	30.6.
1142	G36	4	4	8.7.	9.7.	1142	G181	5	5	30.6.	1.7.	1142	G181	5	4	27.6.	29.6.
1143	G54	3	4	9.7.	11.7.	1143	G182	3	4	5.7.	8.7.	1143	G182	5	4	2.7.	4.7.
1144	G73	4	4	9.7.	11.7.	1144	G184	5	5	1.7.	2.7.	1144	G184	5	5	26.6.	28.6.
1145	G94	4	3	11.7.	12.7.	1145	G185	5	5	30.6.	1.7.	1145	G185	5	5	28.6.	30.6.
1146	G184	5	5	5.7.	6.7.	1146	G187	4	4	1.7.	2.7.	1146	G187	4	4	26.6.	30.6.
1147	G200	4	5	5.7.	8.7.	1147	G188	5	4	28.6.	1.7.	1147	G188	5	5	26.6.	28.6.
1148	G176	4	4	8.7.	12.7.	1148	G51	4	4	4.7.	8.7.	1148	G51	5	5	28.6.	2.7.
1149	G195	3	5	8.7.	9.7.	1149	G52	4	4	4.7.	7.7.	1149	G52	5	5	27.6.	30.6.
1150	G76	3	3	9.7.	10.7.	1150	G53	4	4	4.7.	7.7.	1150	G53	5	4	1.7.	3.7.
1151	G187	5	5	7.7.	8.7.	1151	Standard5	4	4	30.6.	1.7.	1151	Standard5	5	5	27.6.	30.6.
1152	G189	4	4	8.7.	9.7.	1152	G189	4	4	4.7.	7.7.	1152	G189	5	5	27.6.	1.7.
1153	G40	3	3	10.7.	10.7.	1153	G194	4	4	1.7.	3.7.	1153	G194	5	5	26.6.	27.6.
1154	G162	5	5	8.7.	8.7.	1154	G195	4	4	30.6.	1.7.	1154	G195	5	5	25.6.	27.6.
1155	G61	3	3	12.7.	13.7.	1155	G196	5	4	1.7.	2.7.	1155	G196	5	5	26.6.	2.7.
1156	G16	3	4	9.7.	13.7.	1156	Standard9	4	4	30.6.	1.7.	1156	Standard9	5	5	27.6.	29.6.
1157	G177	4	4	9.7.	12.7.	1157	G54	5	4	1.7.	2.7.	1157	G54	5	5	26.6.	30.6.
1158	G83	4	4	8.7.	9.7.	1158	G55	4	4	30.6.	1.7.	1158	G55	5	5	25.6.	27.6.
1159	Standard5	5	5	8.7.	9.7.	1159	G59	4	4	2.7.	4.7.	1159	G59	5	4	28.6.	30.6.
1160	G9	4	4	12.7.	15.7.	1160	G60	4	4	2.7.	4.7.	1160	G60	5	4	27.6.	28.6.
1161	G70	3	4	9.7.	11.7.	1161	Standard8	5	5	2.7.	3.7.	1161	Standard8	5	5	27.6.	30.6.
1162	G143	4	5	8.7.	12.7.	1162	G197	5	5	28.6.	30.6.	1162	G197	5	5	25.6.	27.6.
1163	G53	4	4	11.7.	12.7.	1163	G198	4	4	3.7.	4.7.	1163	G198	5	4	30.6.	1.7.
1164	Standard9	4	4	6.7.	7.7.	1164	G199	4	4	3.7.	4.7.	1164	G199	5	4	30.6.	1.7.
1165	G93	4	4	9.7.	11.7.	1165	G200	4	4	1.7.	2.7.	1165	G200	5	4	26.6.	30.6.
1166	G57	4	5	11.7.	14.7.	1166	G202	4	4	1.7.	3.7.	1166	G202	5	5	27.6.	1.7.
1167	G154	4	4	7.7.	8.7.	1167	G205	4	4	4.7.	6.7.	1167	G205	5	4	28.6.	1.7.
1168	G110	4	4	10.7.	11.7.	1168	G207	4	4	1.7.	3.7.	1168	G207	5	4	28.6.	30.6.
1169	Standard8	5	5	6.7.	8.7.	1169	G208	5	5	1.7.	3.7.	1169	G208	5	5	26.6.	27.6.
1170	G42	4	3	17.7.	18.7.	1170	G210	4	4	28.6.	1.7.	1170	G210	5	5	26.6.	28.6.
1171	G11	5	5	11.7.	12.7.	1171	G211	5	5	1.7.	2.7.	1171	G211	5	5	25.6.	27.6.
1172	G64	4	3	18.7.	19.7.	1172	G212	4	4	30.6.	1.7.	1172	G212	5	4	25.6.	27.6.
1173	G133	4	3	8.7.	11.7.	1173	Standard1	5	5	1.7.	3.7.	1173	Standard1	5	4	28.6.	30.6.
1174	G201	4	3	8.7.	12.7.	1174	G61	3	4	5.7.	7.7.	1174	G61	5	4	30.6.	4.7.
1175	G197	5	3	12.7.	19.7.	1175	G65	3	4	4.7.	7.7.	1175	G65	5	5	28.6.	1.7.
1176	G49	4	3	9.7.	12.7.	1176	Standard6	5	5	28.6.	30.6.	1176	Standard6	5	5	28.6.	29.6.
1177	G71	3	3	11.7.	12.7.	1177	G66	4	5	4.7.	7.7.	1177	G66	5	4	30.6.	1.7.
1178	G172	4	4	7.7.	9.7.	1178	G67	5	5	29.6.	1.7.	1178	G67	5	5	27.6.	30.6.
1179	G188	4	4	8.7.	9.7.	1179	G70	5	5	29.6.	1.7.	1179	G70	5	5	27.6.	1.7.
1180	G112	4	4	8.7.	9.7.	1180	G214	4	5	1.7.	3.7.	1180	G214	5	4	25.6.	27.6.
1181	Standard1	3	4	9.7.	10.7.	1181	G215	5	5	28.6.	1.7.	1181	G215	5	4	26.6.	28.6.
1182	G56	4	4	12.7.	19.7.	1182	G218	5	5	29.6.	30.6.	1182	G218	5	4	24.6.	26.6.
1183	G65	4	4	9.7.	12.7.	1183	G73	4	4	29.6.	30.6.	1183	G73	4	4	1.7.	2.7.
1184	Standard6	4	4	9.7.	12.7.	1184	G74	3	4	5.7.	7.7.	1184	G74	5	4	30.6.	1.7.
1185	G150	4	4	9.7.	12.7.	1185	G75	4	4	4.7.	7.7.	1185	G75	5	4	28.6.	2.7.
1186	G105	3	4	9.7.	12.7.	1186	G76	4	4	3.7.	4.7.	1186	G76	5	5	27.6.	30.6.
1187	G174	5	4	8.7.	12.7.	1187	G220	4	4	30.6.	1.7.	1187	G220	5	5	27.6.	1.7.
1188	G211	4	4	6.7.	9.7.	1188	G221	5	4	30.6.	2.7.	1188	G221	5	5	25.6.	28.6.
1189	G79	4	4	11.7.	12.7.	1189	G178	4	4	4.7.	7.7.	1189	G178	5	4	1.7.	4.7.
1190	G100	3	3	18.7.	18.7.	1190	G77	4	4	5.7.	7.7.	1190	G77	5	4	2.7.	4.7.
1191	G105	4	4	12.7.	16.7.	1191	G81	4	4	30.6.	2.7.	1191	G81	5	4	30.6.	1.7.
1192	G151	3	4	12.7.	15.7.	1192	G82	5	4	1.7.	2.7.	1192	G82	5	5	27.6.	30.6.
1193	G158	4	4	12.7.	17.7.	1193	G110	4	4	30.6.	1.7.	1193	G110	5	4	28.6.	1.7.
1194	G159	4	4	13.7.	16.7.	1194	G111	4	4	4.7.	7.7.	1194	G111	5	5	27.6.	1.7.
1195	G197	3	3	17.7.	18.7.	1195	G112	3	4	6.7.	7.7.	1195	G112	5	5	28.6.	30.6.
1196	G200	5	4	12.7.	16.7.	1196	G28	4	4	2.7.	4.7.	1196	G28	5	5	1.7.	4.7.
1197	G201	3	4	8.7.	10.7.	1197	G55	4	4	30.6.	1.7.	1197	G55	5	5	25.6.	27.6.
1198	G202	4	4	11.7.	12.7.	1198	G42	3	4	6.7.	7.7.	1198	G42	5	4	3.7.	5.7.
1199	G204	3	4	12.7.	16.7.	1199	G46	4	4	2.7.	4.7.	1199	G46	5	3	3.7.	5.7.
1200	G205	3	4	17.7.	19.7.	1200	G178	3	4	4.7.	6.7.	1200	G178	5	4	3.7.	5.7.

ŽIVOTOPIS

Miroslav Salaić rođen je 20.09.1990 u Vukovaru, a odrastao u Tovarniku. Poljoprivrednu šumarsku školu završio je 2009. godine. Iste godine upisuje Poljoprivredni fakultet u Osijeku, stručni studij u Vinkovcima smjer Bilinogojstvo kojeg završava 2012. godine. Diplomski studij na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku smjer Biljna proizvodnja upisuje 2013. godine. Diplomski studij završava 2015. godine i stječe zvanje magistra inženjera agronomije. Od ožujka 2016. do svibnja 2018. godine radi kao tehnolog u voćarskoj i rasadničarskoj proizvodnji u Kneževim Vinogradima. U svibnju 2018. godine otvara obiteljsko poljoprivredno gospodarstvo u Tovarniku i bavi se ratarskom i povrtlarskom proizvodnjom. U ožujku 2020. godina zapošljava se kao poljoprivredni tehničar na Poljoprivrednom institutu u Osijeku na Odjelu za oplemenjivanje i genetiku kukuruza gdje radi na organiziranju strojne sjetve i berbe. U veljači 2021. godine zapošljava se na neodređeno kao stručni suradnik-tehnolog te se uključuje u oplemenjivački program kukuruzana instituta. Aktivno sudjeluje u oplemenjivačkoj stanici Poljoprivrednog instituta u Turskoj. Poslijediplomski doktorski studij smjer Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo na Fakultetu agorobiotehničkih znanosti u Osijeku upisuje u studenom 2021. godine. Od 2023. godine sukreator je 14 hibrida kukuruza i suautor je 5 A1 znanstvena rada.