

Planovi uzorkovanja za attribute

Milić, Josipa

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:596849>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-04**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Josipa Milić

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Vedran Šimunović

Student:

Josipa Milić

Zagreb, 2022.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Vedranu Šimunoviću na korisnim savjetima i pruženoj pomoći tijekom pisanja ovog rada.

Zahvaljujem se svojim prijateljima koji su dosadašnje studiranje učinili ljepšim i lakšim.

Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima, sestrama i braći što su uvijek bili moj najveći oslonac i potpora.

Rad posvećujem Riti i Stipi.

Josipa Milić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

| | |
|--|--------|
| Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje | |
| Datum | Prilog |
| Klasa: 602 - 04 / 22 - 6 / 1 | |
| Ur.broj: 15 - 1703 - 22 - | |

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Josipa Milić** JMBAG: **0035215099**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Planovi uzorkovanja za atribute**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Sampling planes for attributes**

Opis zadatka:

Pregled sirovina, poluproizvoda, odnosno gotovih proizvoda predstavlja jedan je od osnovnih alata kontrole kvalitete. Odluka o prihvatanju ili odbijanju proizvoda donosi se prema odgovarajućoj shemi uzorkovanja i pripadajućih pravila sukladno međunarodnim normama. U ovom radu obradit će se planovi uzorkovanja za atributivne karakteristike sukladno normi ISO 2859-1:1999.

U radu je potrebno:

- Pojasniti primjenu i značaj planova uzorkovanja za atributivne karakteristike.
- Definirati statističku pozadinu planova uzorkovanja za atribute.
- Objasniti osnovni koncept AQL.
- Provesti jednostruko, dvostruko i višestruko uzorkovanje za atributivne karakteristike na odabranim primjerima.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2021.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Vedran Šimunović

Datum predaje rada:

1. rok: 24. 2. 2022.
2. rok (izvanredni): 6. 7. 2022.
3. rok: 22. 9. 2022.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 28. 2. – 4. 3. 2022.
2. rok (izvanredni): 8. 7. 2022.
3. rok: 26. 9. – 30. 9. 2022.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

| | |
|--|-----|
| SADRŽAJ | I |
| POPIS SLIKA | III |
| POPIS TABLICA..... | IV |
| POPIS OZNAKA | V |
| SAŽETAK..... | VI |
| SUMMARY | VII |
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. NAČINI KONTROLE KVALITETE..... | 2 |
| 2.1. Uzorkovanje | 3 |
| 2.1.1. Vrste uzoraka | 5 |
| 2.1.1.1. Jednostavni slučajni uzorak | 6 |
| 2.1.1.2. Sustavni uzorak..... | 6 |
| 2.1.1.3. Stratificirani uzorak..... | 7 |
| 2.1.1.4. Uzorak skupina | 7 |
| 3. PLANOVI UZORKOVANJA ZA ATRIBUTE..... | 8 |
| 3.1. ISO 2859-1:1999 | 8 |
| 3.1.1. Nesukladnost..... | 8 |
| 3.1.1.1. Nesukladna jedinica | 9 |
| 3.1.1.2. Postotak nesukladnosti..... | 9 |
| 3.1.1.3. Broj nesukladnosti na 100 jedinica | 9 |
| 3.1.2. Plan, shema i sustav uzorkovanja | 10 |
| 3.2. Oblikovanje serija i odabiranje uzorka | 10 |
| 3.3. Operativna krivulja plana uzorkovanja – OC krivulja | 11 |
| 3.4. Prihvatljiva razina kvalitete - AQL..... | 14 |
| 3.5. Granična kvaliteta – LQ | 14 |
| 3.6. α i β rizik | 14 |
| 3.7. Prosječna izlazna kvaliteta – AOQ..... | 15 |
| 3.8. Normalna, smanjena i pooštrena kontrola..... | 17 |
| 3.8.1. Prijelaz s normalne na pooštrenu kontrolu..... | 17 |
| 3.8.2. Prijelaz s pooštrene na normalnu kontrolu..... | 18 |
| 3.8.3. Prijelaz s normalne na smanjenu kontrolu | 18 |
| 3.8.3.1. Pokazatelj prebacivanja..... | 18 |
| 3.8.4. Prijelaz sa smanjene na normalnu kontrolu | 19 |
| 3.8.5. Prekid kontrole..... | 19 |
| 3.9. Razina kontrole | 19 |
| 3.10. Vrste planova uzorkovanja..... | 20 |
| 3.10.1. Jednostruki plan uzorkovanja..... | 21 |
| 3.10.2. Dvostruki plan uzorkovanja..... | 21 |
| 3.10.3. Višestruki plan uzorkovanja..... | 22 |
| 4. PRIMJENA PLANOVA UZORKOVANJA ZA ATRIBUTE..... | 23 |
| 4.1. Primjena jednostrukog plan uzorkovanja..... | 26 |

| | |
|---|----|
| 4.1.1. Operativna krivulja | 30 |
| 4.2. Primjena dvostrukog plana uzorkovanja | 34 |
| 4.2.1. Operativna krivulja | 37 |
| 4.3. Primjena višestrukog plana uzorkovanja | 41 |
| 4.4. Analiza rezultata..... | 44 |
| 5. ZAKLJUČAK..... | 45 |
| LITERATURA..... | 46 |
| PRILOZI..... | 47 |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Krivulja troška pronalaska (izdvajanja) nesukladnog proizvoda [3] | 2 |
| Slika 2. Shema uzorkovanja [3] | 4 |
| Slika 3. Jednostavni slučajni uzorak [7]..... | 6 |
| Slika 4. Sustavni uzorak [7] | 6 |
| Slika 5. Stratificirani uzorak [7] | 7 |
| Slika 6. Uzorak skupina [7]..... | 7 |
| Slika 7. Operativna krivulja plana uzorkovanja [13] | 12 |
| Slika 8. Idealna operativna krivulja [13] | 12 |
| Slika 9. Operativna krivulja za različite veličine uzorka [13]..... | 13 |
| Slika 10. Operativna krivulja za različite brojeve prihvatanja [13]..... | 13 |
| Slika 11. α i β rizik [14]..... | 15 |
| Slika 12. AOQ i $AOQL$ [15] | 17 |
| Slika 13. Pravila prebacivanja za normalnu, smanjenu i pooštrenu kontrolu [11]..... | 19 |
| Slika 14. Jednostruki plan uzorkovanja..... | 21 |
| Slika 15. Dvostruki plan uzorkovanja | 22 |
| Slika 16. Skup alata za analizu [16] | 24 |
| Slika 17. Alati za analizu [16]..... | 25 |
| Slika 18. Uzorkovanje [16] | 25 |
| Slika 19. Primjer nasumično dobivenih uzoraka za višestruki plan uzorkovanja [16] | 26 |
| Slika 20. Shema jednostrukog plana uzorkovanja za normalnu kontrolu | 28 |
| Slika 21. Shema jednostrukog plana uzorkovanja za pooštrenu kontrolu..... | 28 |
| Slika 22. Operativna krivulja za jednostruki plan uzorkovanja | 33 |
| Slika 23. Shema dvostrukog plana uzorkovanja za normalnu kontrolu | 35 |
| Slika 24. Shema dvostrukog plana uzorkovanja za pooštrenu kontrolu..... | 35 |
| Slika 25. Operativna krivulja za dvostruki plan uzorkovanja | 41 |
| Slika 26. Shema višestrukog plana uzorkovanja za normalnu kontrolu..... | 42 |
| Slika 27. Shema višestrukog plana uzorkovanja za pooštrenu kontrolu | 43 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Interesi dobavljača i kupca [12] | 14 |
| Tablica 2. Kodna slova [11] | 20 |
| Tablica 3. Broj nesukladnih jedinica u isporukama | 23 |
| Tablica 4. Odabir kodnog slova [1]..... | 27 |
| Tablica 5. Rezultati provedbe jednostrukog plana uzorkovanja | 29 |
| Tablica 6. Rizici dobavljača kod jednostrukog plana uzorkovanja..... | 34 |
| Tablica 7. Rezultati provedbe dvostrukog plana uzorkovanja | 36 |
| Tablica 8. Rizici dobavljača kod dvostrukog plana uzorkovanja..... | 41 |
| Tablica 9. Rezultati provedbe višestrukog plana uzorkovanja..... | 43 |
| Tablica 10. 2-A - Jednostruki plan uzorkovanja za normalnu kontrolu..... | 48 |
| Tablica 11. 2-B - Jednostruki plan uzorkovanja za pooštrenu kontrolu..... | 48 |
| Tablica 12. 2-C - Jednostruki plan uzorkovanja za smanjenu kontrolu | 49 |
| Tablica 13. 3-A - Dvostruki plan uzorkovanja za normalnu kontrolu | 49 |
| Tablica 14. 3-B - Dvostruki plan uzorkovanja za pooštrenu kontrolu | 50 |
| Tablica 15. 3-C - Dvostruki plan uzorkovanja za smanjenu kontrolu..... | 50 |
| Tablica 16. 14-A - Višestruki plan uzorkovanja za normalnu kontrolu..... | 51 |
| Tablica 17. 14-B - Višestruki plan uzorkovanja za pooštrenu kontrolu..... | 51 |

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|-----------------|-----------------|---|
| T | - | jedinični trošak kontrole |
| P | % | udio nesukladnih jedinica |
| L_{\max} | - | procijenjena najveća šteta nastala propuštanjem lošeg komada |
| L | - | procijenjena šteta nastala propuštanjem lošeg komada |
| L_{\min} | - | procijenjena najmanja šteta nastala propuštanjem lošeg komada |
| p_b | % | granični postotak nesukladnosti |
| N | - | veličina serije |
| N | - | veličina uzorka |
| X | - | broj nesukladnih jedinica |
| Ac | - | broj prihvaćanja |
| Re | - | broj odbijanja |
| AQL | % | prihvatljiva razina kvalitete |
| D | - | broj nesukladnih jedinica u uzorku |
| D | - | broj nesukladnih jedinica u seriji |
| OC | - | operativna krivulja |
| P | % | vjerojatnost prihvaćanja pojedinačnih elemenata |
| Pa | % | vjerojatnost prihvaćanja |
| LQ | - | granična kvaliteta |
| α -rizik | % | rizik dobavljača |
| β -rizik | % | rizik kupca |
| AOQ | % | prosječna izlazna kvaliteta |
| $AOQL$ | % | granična vrijednost prosječne izlazne kvalitete |

SAŽETAK

U ovom radu opisana je primjena i važnost planova uzorkovanja za attribute prema normi ISO 2859-1:1999 kao jednog od načina provjere kvalitete, odnosno kao jedan od načina donošenja odluke o prihvaćanju ili odbijanju proizvoda. Definirana je statistička pozadina planova uzorkovanja za attribute koji se temelje na binomnoj i Poissonovoj razdiobi. Također, opisan je osnovni koncept prihvatljive razine kvalitete, *AQL* (eng. *Acceptable quality level*). *AQL* je jedan od najznačajnijih i najučestalijih ugovornih zahtjeva na kvalitetu između kupca i dobavljača te predstavlja udio nesukladnih jedinica koje se nalaze u isporuci, a prihvatljive su za kupca. Na odabranim primjerima provedeno je jednostruko, dvostruko i višestruko uzorkovanje, dobiveni rezultati su uspoređeni i analizirani kako bi se izveo zaključak.

Ključne riječi: planovi uzorkovanja za attribute, ISO 2859-1:1999, *AQL*

SUMMARY

This paper describes the application and importance of sampling plans for attributes according to the ISO 2859-1:1999 standard as one of the methods of quality control, apropos as one of the methods of making a decision on acceptance or rejection of a product. The statistical background of sampling plans for attributes based on binomial and Poisson distributions is defined. Also, the basic concept of acceptable quality level, *AQL*, is described. *AQL* is one of the most significant and frequent contractual quality requirements between the customer and the supplier and represents the proportion of non-conforming units that are in the delivery and are acceptable to the customer. Single, double and multiple sampling was carried out on selected examples, the obtained results were compared and analyzed in order to draw a conclusion.

Key words: sampling plans for attributes, ISO 2859-1:1999, *AQL*

1. UVOD

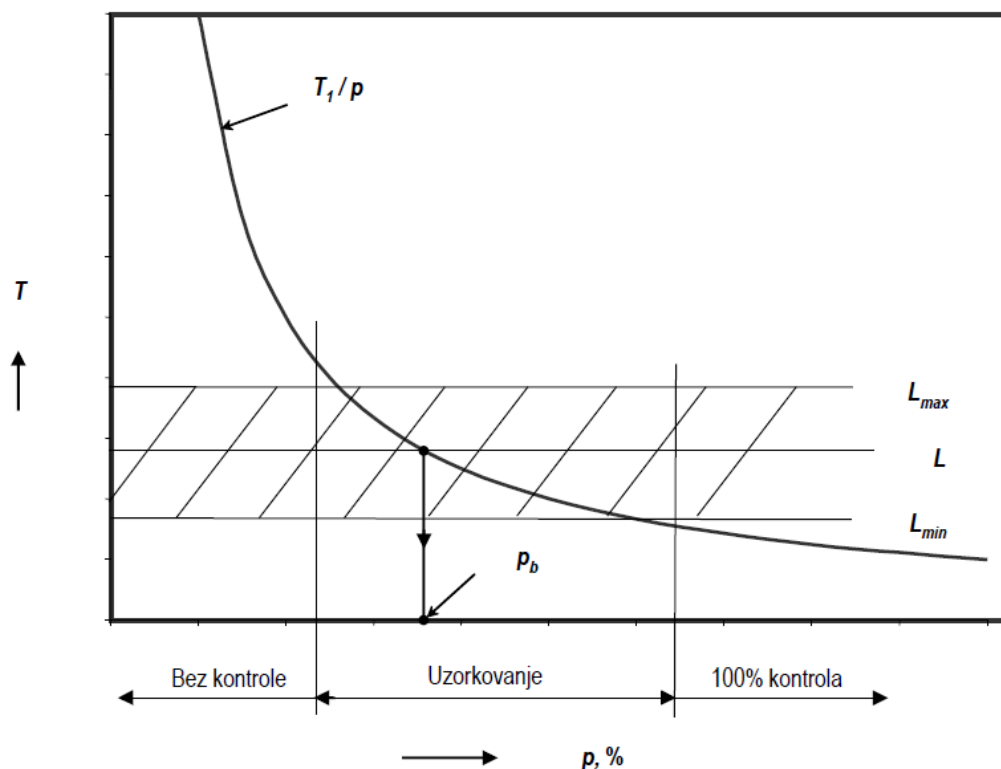
Kvaliteta je jedan od ključnih čimbenika potrošačke odluke pri odabiru među konkurentskim proizvodima i uslugama. Razumijevanje kvalitete vodi poslovnom uspjehu, rastu i poboljšanoj konkurentnosti. [1] Kontrola kvalitete kao dio upravljanja kvalitetom predstavlja važnu ulogu u ispunjenju zahtjeva za kvalitetu proizvoda. Pomoću rezultata kontrole donosi se odluka je li proizvod dobar, loš ili je potrebna dorada. [2] Kako bi poduzeće došlo do te odluke potrebno je na početku proizvodnje odrediti način kontrole koji će provoditi. Moguće je provoditi kontrolu svih proizvoda, 100%-tnu kontrolu, koja nije praktična ni ekonomična, ili provoditi uzorkovanje. Primjena 100%-tne kontrole je neophodna kako ne bi došlo do uništenja imovine ili kada prijeti opasnost od ozljeda. [3]

Uzorkovanje je pouzdan postupak kontrole, vrlo jeftin u odnosu na 100%-tnu kontrolu, značajno smanjuje monotoniju kontrole te se koristi kod razornih ispitivanja. Kod korištenja metode uzorkovanja važno je poštovati opće principe uzimanja uzorka: slučajnost, nezavisnost, nepristranost i reprezentativnost. [3]

Planovi uzorkovanja često se koriste u završnoj kontroli kako bi se provjerila kvaliteta prije isporučivanja kupcu, ali moguće ih je koristiti i za kontrolu dijelova i sklopova za vrijeme procesa proizvodnje. Postoji više podjela planova uzorkovanja, jedna od glavnih podjela je prema varijablama i atributima. [2] Planovi uzorkovanja za varijable izvode se prema normi HRN ISO 3951-1, a planovi uzorkovanja za attribute, koji su tema ovog završnog rada, prema normi HRN ISO 2859-1.

2. NAČINI KONTROLE KVALITETE

Pri donošenju odluke o načinu kontrole unutar poduzeća moguće je koristiti krivulju troška pronalaska (izdvajanja) nesukladnog proizvoda prikazanu na slici 1 gdje se na ordinati nalazi T , odnosno vrijednost troška pronalaska jedinice nesukladnog proizvoda, a na apscisi p , udio nesukladnih jedinica.



Slika 1. Krivulja troška pronalaska (izdvajanja) nesukladnog proizvoda [3]

L_{max} , L i L_{min} označavaju procijenjene štete uzrokovane propuštanjem lošeg komada, a p_b granični postotak nesukladnosti koji se definira kao omjer jediničnog troška kontrole i procijenjene štete nastale propuštanjem lošeg komada [3]:

$$p_b = \frac{T_1}{L} \quad (1)$$

Graf prikazuje da u slučaju kada je trošak pronalaska nesukladnog proizvoda visok, a udio nesukladnih proizvoda relativno malen, najbolja odluka ne provođenje kontrole. Takav način

kontrole koristan je u situacijama kada je proces dobavljača toliko dobar da se gotovo ne pronalaze neispravne jedinice ili kada nema ekonomskog opravdanja za traženje neispravnih jedinica. [1]

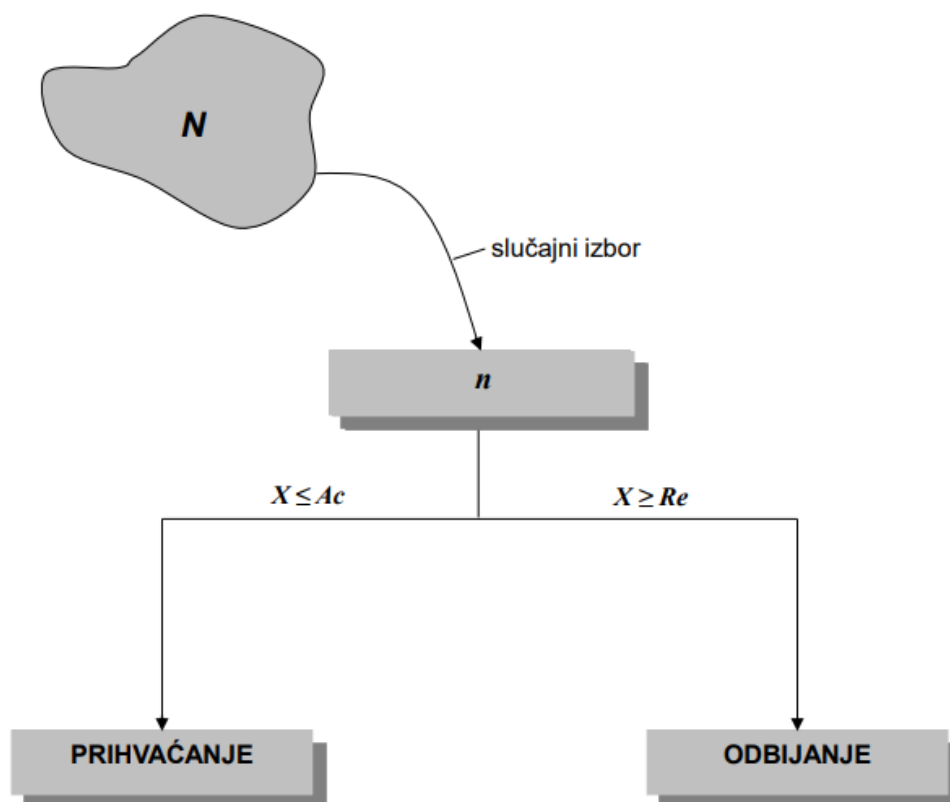
U slučaju kada je trošak pronalaska nesukladnog proizvoda relativno nizak, a udio nesukladnih jedinica visok, opravdano je koristiti 100%-tnu kontrolu. To jest, pregledavaju se jedinice u seriji, otklanjaju se sve pronađene neispravne jedinice koje se vraćaju dobavljaču, prerađuju, zamjenjuju poznatim ispravnim jedinicama ili odbacuju. 100% kontrola koristi se u situacijama kada bi pronalaženje bilo kakvih nedostataka rezultiralo neprihvatljivo visokim troškovima. [1] Iako kontrola svih proizvoda ili 100% kontrola gotovo uvijek ima prednost pred uzorkovanjem, postoji nekoliko nedostataka [2]:

- neisplativa metoda
- nerazumijevanje postupaka ove metode često dovodi do pretjerane kontrole zbog čega se nerijetko propušta ono važno
- nesuvremena metoda
- moguće prihvatanje nesukladnih ili oštećenih dijelova, odnosno neprihvatanje dobrih dijelova
- nepraktična metoda.

Sve između ta dva slučaja sugerira metodu uzorkovanja.

2.1. Uzorkovanje

Uzorkovanje predstavlja procjenu određenog osnovnog skupa na temelju jednog uzorka ili više njih. [2] Jednostavno se može objasniti sljedećim primjerom prikazanim na slici 2: tvrtka prima pošiljku proizvoda (N) od dobavljača koja se koristi u proizvodnom procesu tvrtke. Slučajnim izborom uzima se uzorak (n) iz serije i ispituju se količina nesukladnih jedinica (X) u uzorku. Na temelju informacija u ovom uzorku donosi se odluka o prihvatanju (Ac) ili odbijanju (Re) serije. Ponekad se ova odluka naziva punom kaznom. Prihvaćene serije se stavljaju u proizvodnju; odbijene serije mogu se vratiti dobavljaču ili se mogu podvrgnuti nekom drugom načinu raspoređivanja serije. [1]



Slika 2. Shema uzorkovanja [3]

Glavna je ideja uzorkovanja odustati od kontrole svih jedinica u proizvodnji te kontrolirati samo mali dio slučajno izabranih jedinica kako bi se bolje iskoristilo vrijeme, trud i novac, odnosno kako bi se dobili kvalitetniji rezultati. [4]

Uzorkovanje se najčešće koristi u sljedećim situacijama [1]:

1. Kod razornih ispitivanja
2. Kada je trošak 100% kontrole izuzetno visok
3. Kada 100% kontrola nije tehnološki izvediva ili bi zahtijevala toliko vremena da bi planiranje proizvodnje bilo ozbiljno ugroženo
4. Kada postoje veće količine jedinica koje treba pregledati
5. Kada postoje potencijalno ozbiljni rizici od odgovornosti te je neophodno kontinuirano praćenje proizvoda

Kada se uzorkovanje uspoređi sa 100% kontrolom, ono ima sljedeće prednosti [1]:

- Uglavnom je jeftinije jer je manje pregleda
- Manje je rukovanja proizvodom, a time i manja šteta
- Manje je osoblja uključeno u provedbu metode
- Često uvelike smanjuje količinu pogreške pri kontroli
- Odbijanje cijelih serija za razliku od jednostavnog vraćanja neispravnih često dalje snažniju motivaciju dobavljaču za poboljšanje kvalitete.

2.1.1. Vrste uzoraka

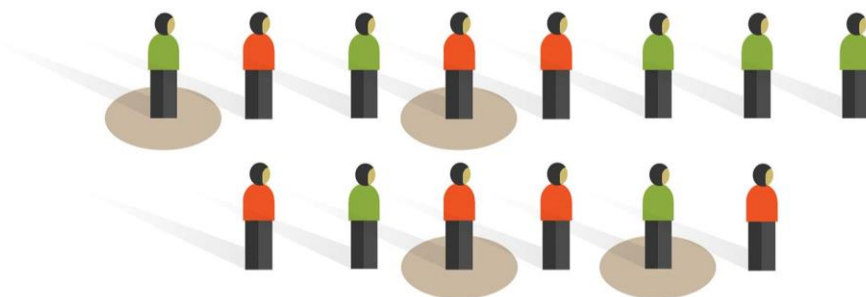
Uzorak predstavlja reprezentant ispitivane statističke mase. Za određivanje karakteristika osnovnog skupa bilo bi dovoljno uzeti jedan element u uzorak kada bi svi elementi u skupu bili jednaki, ali u praksi to se ne događa te zbog toga izbor uzorka treba odraditi pažljivo. Razlikujemo dvije vrste uzorka: slučajni i namjerni. Kod slučajnih uzoraka svaka jedinica osnovnog skupa ima vjerojatnost da bude uzorak bez obzira na osobno procjenjivanje ili utjecanje istraživača, dok su namjerni uzorci rezultat individualnog procjenjivanja istraživača. [5]

Postoje dva osnovna tipa uzorka [5]:

- a) Slučajni:
 - a. jednostavni slučajni
 - b. sustavni
 - c. stratificirani
 - d. uzorak skupina
- b) Namjerni:
 - a. prigodni
 - b. uzorak poznavatelja
 - c. kvotni

2.1.1.1. Jednostavni slučajni uzorak

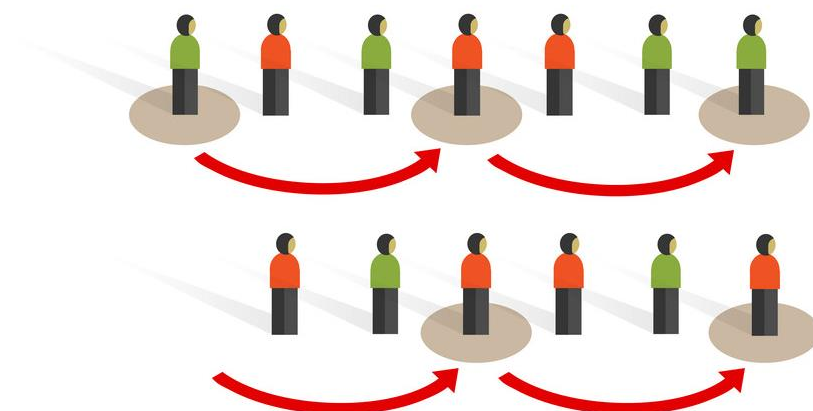
Jednostavni slučajni uzorak odabire se na način da svaki element osnovnog skupa ima jednaku vjerojatnost da bude odabran, elementi se biraju neovisno jedan o drugome te je upravo zbog toga slučajno uzorkovanje pravedno i nepristrano. Cilj slučajnog uzorkovanja je prikupiti veći broj neovisnih informacija. Budući da su ljudski čimbenici ne utječu na proces odabira, veća je vjerojatnost da će odabrani uzorak biti reprezentativan. [6]



Slika 3. Jednostavni slučajni uzorak [7]

2.1.1.2. Sustavni uzorak

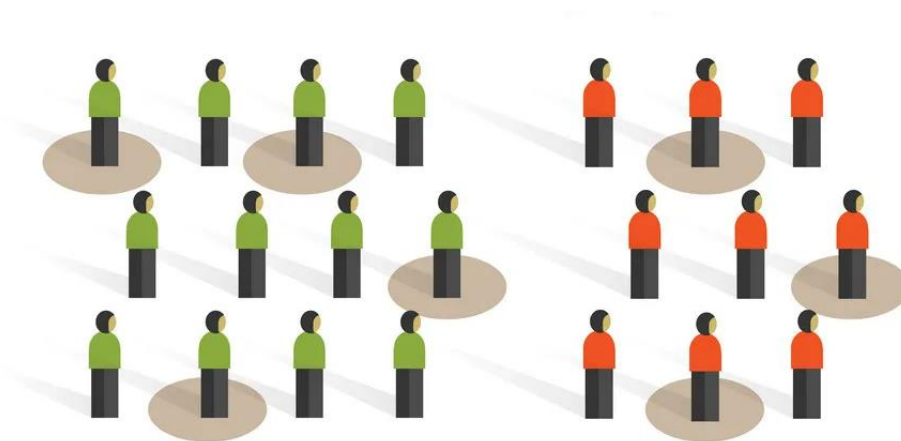
Sustavni uzorak definira se tako da se elementi osnovnog skupa u prvom koraku poredaju po određenom kriteriju, za uzorak se odabire svaki k-ti element. Ključno je da je prvi element odabran slučajno jer na taj način svaki element osnovnog skupa ima jednaku vjerojatnost da će biti odabran za uzorak te se tako sprječava nenamjerna pristranost. [8]



Slika 4. Sustavni uzorak [7]

2.1.1.3. Stratificirani uzorak

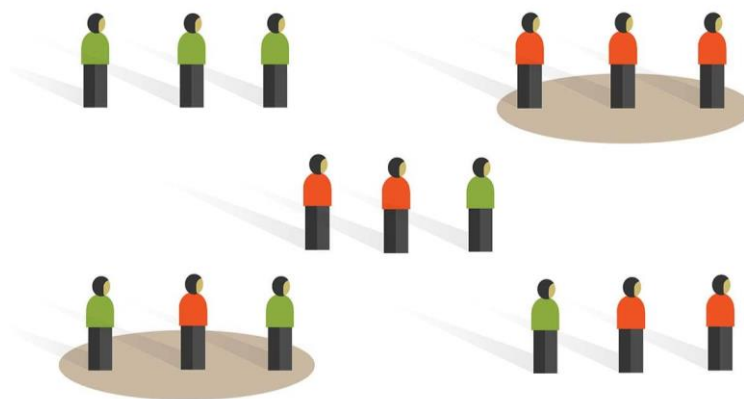
Stratificirani uzorak primjenjuje se kada elementi osnovnog skupa imaju različita značajna obilježja. Kako bi na jednom mjesto bili elementi sličnijih obilježja, osnovni skup dijeli se na homogenije dijelove, odnosno stratume. Odabiranjem jednostavnih slučajnih uzoraka iz stratuma dobiva se stratificirani uzorak. Važno je da tijekom stratifikacije razlike između homogenih dijelova budu izraženije. [9]



Slika 5. Stratificirani uzorak [7]

2.1.1.4. Uzorak skupina

Uzorak skupina primjenjuje se na način da se umjesto različitih elemenata populacije odabiru određene skupine elementa, tzv. klasteri. Klasteri su zapravo mali prikaz cijele populacije te formirani na takav način obuhvaćaju karakteristike cijele populacije. [10]



Slika 6. Uzorak skupina [7]

3. PLANOVİ UZORKOVANJA ZA ATRIBUTE

3.1. ISO 2859-1:1999 [11]

Normom ISO 2859-1:1999 objašnjeni su planovi uzorkovanja za attribute indeksirani prema prihvatljivoj razini kvalitete (*AQL*). Svrha norme je da se ekonomskim i psihološkim pritiskom odbijanja serije „natjera“ dobavljača da prosjek procesa održava barem na prihvatljivoj razini kvalitete, dajući istovremeno za kupca gornju granicu rizika od povremeno prihvaćenih loših serija. Sheme uzorkovanje opisane ovom normom upotrebljavaju se za kontrolu:

- Gotovih proizvoda
- Komпоненata i sirovina
- Postupka
- Dijelova u procesu
- Zaliha u skladištu
- Postupaka održavanja
- Podataka ili zapisa
- Administrativnih postupaka

Sheme su primarno namijenjene za kontinuirane nizove serija što osigurava primjenu pravila prijelaza koja se odnose na:

Zaštitu kupca (prelaskom na pooštreni režim kontrole ili prekid kontrole) ako dođe do pogoršanja kvalitete

Poticaј da se reduciraju troškovi kontrole prelaskom na smanjeni režim kontrole ako se neprestano postiže dobra kvaliteta

Za bolje razumijevanje i lakše korištenje norme u nastavku su objašnjeni osnovni pojmovi.

3.1.1. Nesukladnost

Nesukladnost se opisuje kao neispunjavanje pojedinih zahtjeva. S obzirom da nisu sve nesukladnosti jednako važne za proizvod ili uslugu, potrebno ih je razvrstati u razrede prema stupnju ozbiljnosti:

- Razred A: nesukladnosti koje su najvažnije za proizvod ili uslugu, pridružuju im se niske vrijednosti *AQL*-a

- Razred B: nesukladnosti koje imaju niži stupanj važnosti za proizvod ili uslugu, pridružuju im se veće vrijednosti AQL -a u odnosu na one u razredu A i manje u odnosu na razred C, ako on postoji

3.1.1.1. Nesukladna jedinica

Nesukladna jedinica definira se kao jedinica s jednom ili više nesukladnosti. Razlikujemo:

- Jedinicu razreda A: jedinica koja sadrži barem jednu nesukladnost razreda A, a može i sadržavati nesukladnost razreda B i/ili razreda C
- Jedinica razreda B: jedinica koja sadrži barem jednu nesukladnost razreda B, također, može sadržavati nesukladnost razreda C, ali ne i razreda A

3.1.1.2. Postotak nesukladnosti

Postotak nesukladnih jedinica u uzorku dobiva se pomoću formule:

$$\text{Postotak nesukladnih jedinica} = \frac{d}{n} \times 100 \quad (2)$$

Gdje je

d - broj nesukladnih jedinica u uzorku;

n - veličinu uzorka

Slično tomu, postotak nesukladnih jedinica u seriji računa se prema formuli:

$$100p = 100 \times \frac{D}{N} \quad (3)$$

Gdje je

p - udio nesukladnih jedinica;

D - broj nesukladnih jedinica u seriji;

N - veličina serije

3.1.1.3. Broj nesukladnosti na 100 jedinica

Broj nesukladnosti na sto jedinica u uzorku dobiva se pomoću formule:

$$\text{Broj nesukladnosti na sto jedinica} = \frac{d}{n} \times 100 \quad (4)$$

Gdje je:

d – broj nesukladnosti u uzorku;

n – veličina uzorka

Slično tomu, broj nesukladnosti na sto jedinica u seriji računa se prema formuli:

$$100p = 100 \times \frac{D}{N} \quad (5)$$

Gdje je:

p – broj nesukladnosti u po jedinici;

D – broj nesukladnosti u seriji;

N – veličina serije.

3.1.2. Plan, shema i sustav uzorkovanja

Plan uzorkovanja definira se kao kombinacija veličine uzoraka koja se koristi i kriterija prema kojima će serija biti prihvaćena.

Shema uzorkovanja je kombinacija planova uzorkovanja s postupcima prijelaza s jednog plana na drugi.

Sustav uzorkovanja je skup planova uzorkovanja ili shema uzorkovanja, svaki sa svojim pravilima za mijenjanje planova.

3.2. Oblikovanje serija i odabiranje uzorka

Pri oblikovanju serija, za postizanje učinkovitijeg plana uzorkovanja, važno je uzeti u obzir sljedeće [1]:

1. Homogene serije – kod nehomogenih serija neće se postići maksimalna učinkovitost sheme uzorkovanja te će se otežano otkloniti uzrok defektnih proizvoda, zbog toga je poželjno da su jedinice proizvedene na istim strojevima, od istih materijala, od strane istog dobavljača u približno isto vrijeme.
2. Veće serije – uglavnom je ekonomski isplativije provoditi kontrolu nad njima.
3. Serije usklađene sa sustavima za rukovanje materijala koji se koriste kod dobavljača i kupca.

Metoda slučajnog uzorkovanja najčešće se koristi pri odabiranju elemenata za uzorak jer se tako eliminira pristranost. Nekorištenjem metode slučajnog uzorkovanja gubi se učinkovitost procesa kontrole. Primjerice, dobavljač pri pakiranju sve jedinice dobre kvalitete stavi na vrh jer zna da će se uzorci uzimati samo iz gornjeg sloja, to jest, pri odabiru uzoraka ne koristi se

metoda slučajnog uzorkovanja, prisutna je pristranost te je učinkovitost proces kontrole uništena. [1]

Ako se serija sastoji od pod-serija ili stratuma, koje su određene nekim racionalnim kriterijem, primjenjuje se stratificirano uzorkovanje tako da je veličina pod-uzorka iz svake pod-serije ili stratuma proporcionalna veličini te pod-serije ili stratuma. [11]

Uzorci se mogu odabirati tijekom proizvodnje serije ili nakon što je proizvodnja serije završena. Ako se primjenjuje dvostruko ili višestruko uzorkovanje, svaki sljedeći uzorak odabire se iz ostatka iste serije. [11]

3.3. Operativna krivulja plana uzorkovanja – OC krivulja

Kada bi serija bila idealna to bi značilo da ne bi bilo odbijanja jer uzorak nikad ne bi sadržavao neispravne jedinice. Analogno tomu, kada bi serija bila jako loša ne bi bilo prihvatanja jer bi uzorak uvijek bio neispravan. Međutim, kada je serija pomiješana s ispravnim i neispravnim jedinicama pojavljuje se vjerojatnost koja se prezentira pomoću operativne krivulje plana uzorkovanja. [12]

Operativna krivulja plana uzorkovanja (eng. *Operating Characteristic Curve*), prikazana na slici 7, prikazuje vjerojatnost prihvatanja serije u odnosu na udio nesukladnih jedinica, to jest, prikazuje diskriminatornu snagu plana uzorkovanja. [1]

Vjerojatnost prihvatanja pojedinačnih elemenata, P , računa se prema formuli [3]:

$$P(x) = \frac{n - x + 1}{x} \times \frac{p}{q} \times P(x - 1) \quad (6)$$

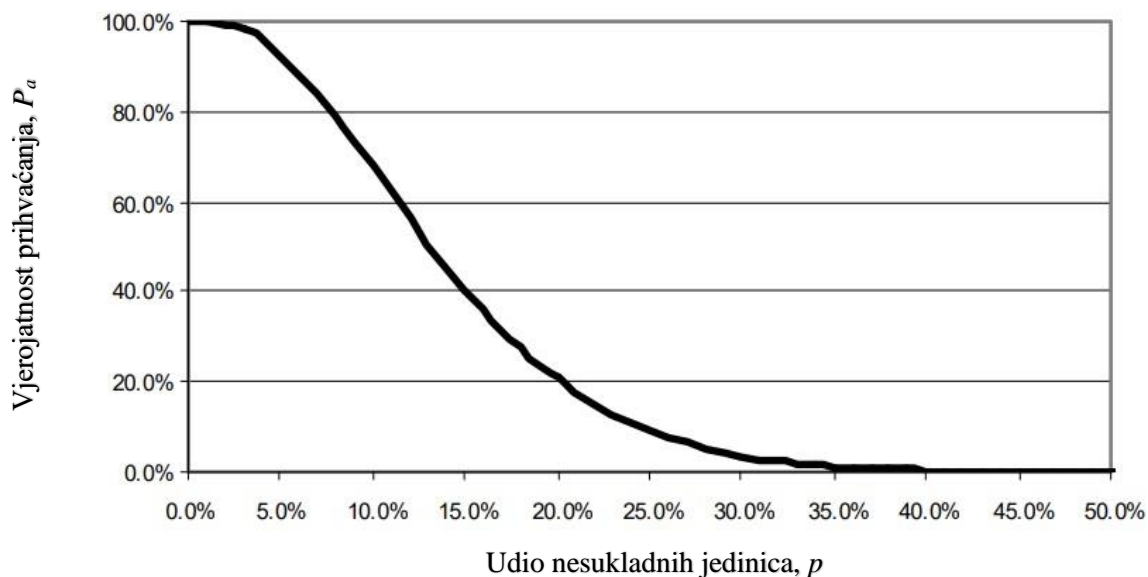
Gdje je:

x - broj nesukladnih jedinica

n - veličina uorka

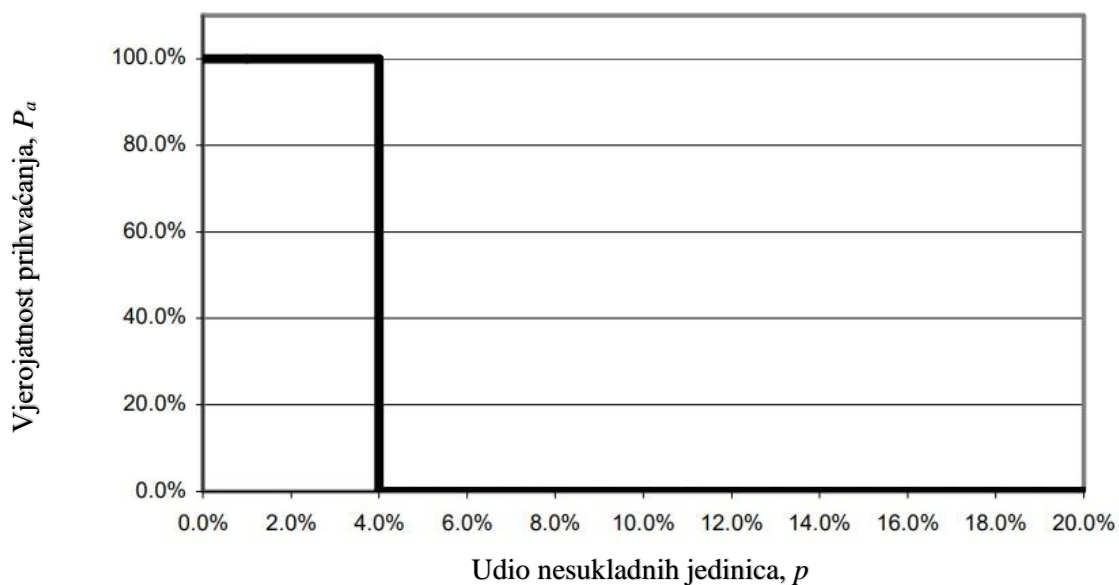
p - udio nesukladnih jedinica

q – vrijednost $1 - p$



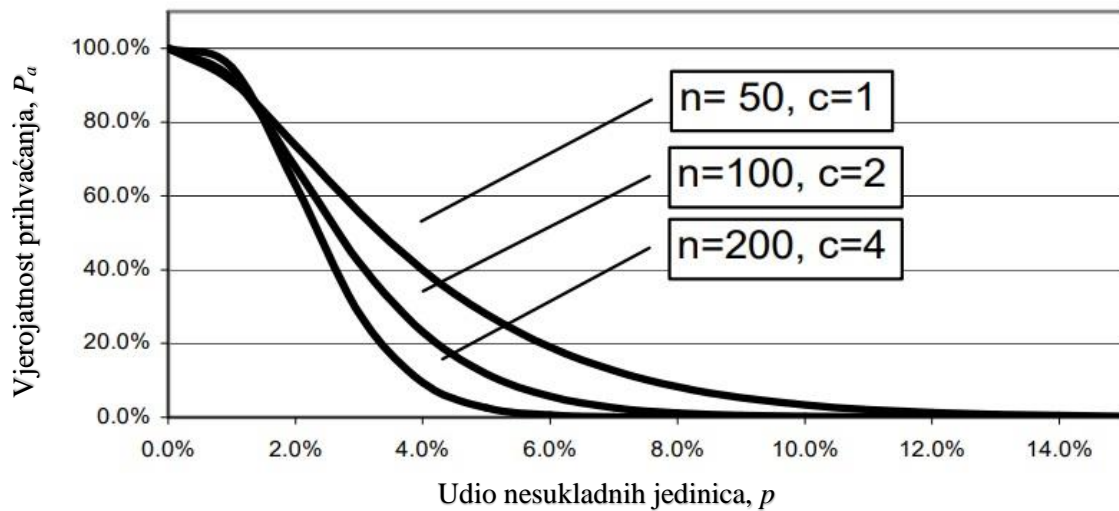
Slika 7. Operativna krivulja plana uzorkovanja [13]

Na slici 8 prikazana je idealna *OC* krivulja, ona prikazuje plan uzorkovanja koji savršeno raspoznaje dobre i loše serije. U praksi se takva krivulja uglavnom ne može dobiti, u teoriji bi mogla provedbom stopostotne kontrole, ali samo ako bi kontrola bila bez greške. [1]

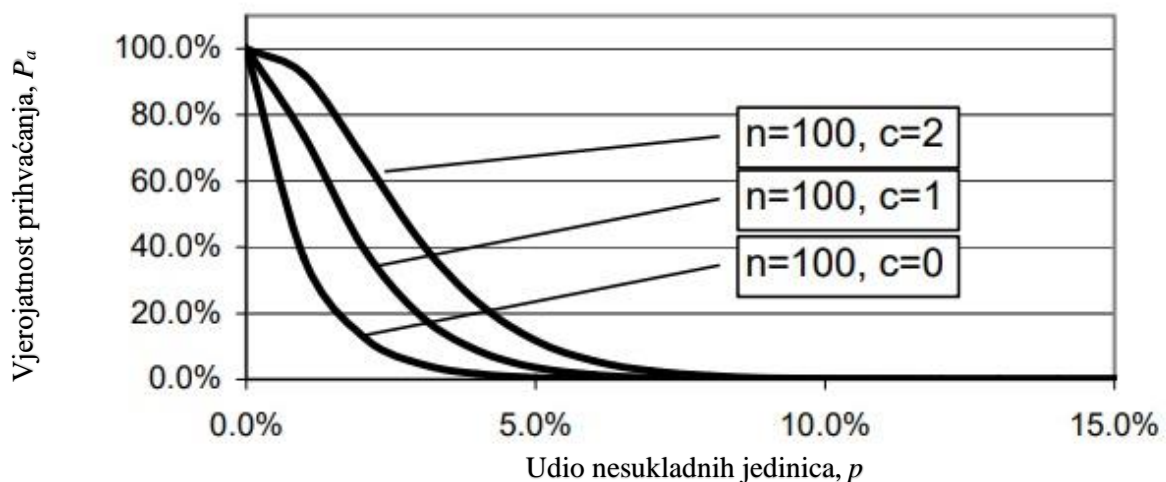


Slika 8. Idealna operativna krivulja [13]

OC krivulja se približava idealnom obliku OC krivulje povećavanjem veličine uzorka n koja je proporcionalna s brojem prihvatanja c . Odnosno, točnost razlikovanja dobrih od loših serija raste s porastom veličine uzorka kako je prikazano na slici 9. Međutim, promjenom broja prihvatanja c ne dolazi do značajnijih promjena nagiba OC krivulje kako je prikazano na slici 10. [1]



Slika 9. Operativna krivulja za različite veličine uzorka [13]



Slika 10. Operativna krivulja za različite brojeve prihvatanja [13]

3.4. Prihvatljiva razina kvalitete - *AQL*

AQL se definira kao najlošija razina kvalitete za proces dobavljača koju kupac prihvaća. [1] Kada se za određenu nesukladnost ili skupini nesukladnosti definira neka vrijednost *AQL*-a, shemom uzorkovanja prihvatit će se one serije u kojima je razina kvalitete manja od definirane vrijednosti *AQL*-a. Zapravo, *AQL* predstavlja standard prema kojem se procjenjuju serije. Važno je napomenuti da definiranje vrijednosti *AQL*-a ne dozvoljava dobavljaču da svjesno isporučuje nesukladne jedinice. [11]

Iako je *AQL* povezan s rizikom proizvođača, njegovu vrijednost određuje kupac, odnosno, kupac je taj koji procjenjuje maksimalni udio nesukladnih jedinica koje su prihvatljive za potrebe uzorkovanja, sve vrijednosti niže od te su poželjne, a one više nisu prihvatljive, nula bi bila najpoželjnija, ali ona se uz razumnu cijenu teško postiže. [12]

Koncept *AQL* primjenjuje se samo kad se koristi shema uzorkovanja s pravilima za prebacivanje s jednog režima kontrole na drugi i za prekid kontrole. Pravila postoje kako bi se potaknuli dobavljači da procesni prosjek (razina procesa u prosjeku s obzirom na vremensko razdoblje ili količinu proizvodnje) bude konstantno bolji od *AQL*-a. Ako se to ne dogodi, vjerojatno će s režima normalne kontrole prijeći na režim pooštrene kontrole gdje su zahtjevi za prihvaćanje serije stroži. Nakon takvog režima kontrole uglavnom dolazi do prekida kontrole osim ako se ispravnim mjerama ne poboljša kvaliteta proizvoda. [11]

3.5. Granična kvaliteta – *LQ*

Granična kvaliteta (eng. *Limiting Quality*) primjenjuje se kod kontrole prihvaćanja pojedinačnih serija, to je razina kvalitete koju karakterizira niska vjerojatnost prihvaćanja i koja je znatno lošija od prihvatljive razine kvalitete *AQL*. [3]

3.6. α i β rizik

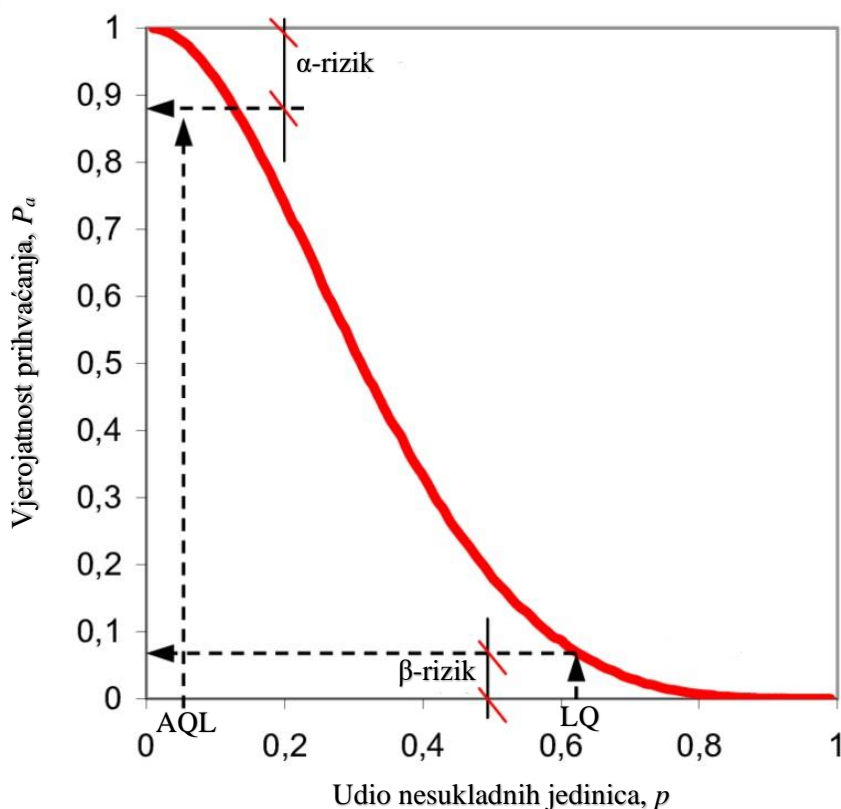
Pri izradi plana uzorkovanja važno je uzeti u obzir interese dobavljača i kupca. Od toga imaju korist obje strane jer su njihovi interesi kompatibilni kako je prikazano u tablici 1. [12]

Tablica 1. Interesi dobavljača i kupca [12]

| | Dobavljač | Kupac |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Odbačena dobra serija | Rizik dobavljača | Potencijalno veći troškovi |
| Prihvaćena loša serija | Potencijalno nezadovoljstvo kupca | Rizik kupca |

Rizik dobavljača ili α -rizik predstavlja vjerojatnost odbijanja serije koja ima postotak nesukladnih jedinica jednak AQL -u. U tom slučaju ispašta dobavljač jer je odbijena serija dobre kvalitete. [3]

Rizik kupca ili β -rizik predstavlja vjerojatnost prihvaćanja serije koja ima postotak nesukladnih jedinica jednak LQ -u, tada ispašta kupac jer je prihvaćena serija znatno lošije kvalitete od zahtijevane. [3]



Slika 11. α i β rizik [14]

3.7. Prosječna izlazna kvaliteta – AOQ

Nakon provedenog uzorkovanja uglavnom se provode korekcije nad odbijenim serijama. Sve pronađene nesukladne jedinice se uklanjaju, vraćaju dobavljaču ili zamjenjuju s poznatim ispravnim jedinicama, ovi postupci uzorkovanja nazivaju se postupci ispravljanja, oni služe za „ispravljanje“ kvalitete serije te se koriste ili za vrijeme ulazne kontrole, pri kontroli poluproizvoda u toku proizvodnog procesa ili tijekom završne kontrole gotovih proizvoda. [1]

Prosječna izlazna kvaliteta (eng. *Average Outgoing Quality*) je kvaliteta serije koja je rezultat primjene postupaka ispravljanja. Pod pretpostavkom da je veličina serije N i da su sve

pronađene nesukladne jedinice zamijenjene s ispravnim jedinicama, serija veličine N se sastoji od [1]:

1. n jedinica u uzorku koji ne sadrži nesukladne jedinice jer su sve zamijenjene
2. $N-n$ jedinica odbijene serije koja ne sadrži nesukladne jedinica
3. $N-n$ jedinica prihvaćene serije koja sadrži $p(N-n)$ nesukladnih

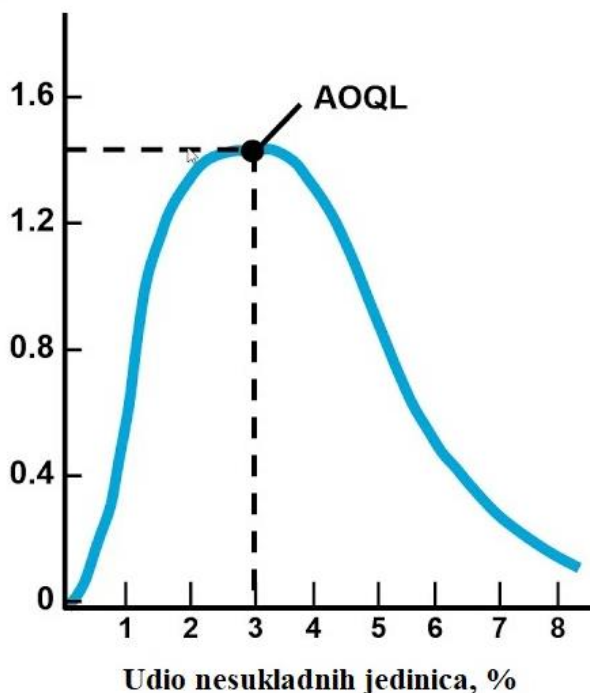
AOQ računa se prema formuli:

$$AOQ = \frac{P_a p(N - n)}{N} \quad (7)$$

Gdje je:

$P_a p(N-n)$ – očekivani broj nesukladnih jedinica

AOQ krivulja prikazuje prosječnu izlaznu kvalitetu s obzirom na ulaznu kvalitetu serije. Kada je ulazna kvalitete vrlo dobra, prosječna izlazna kvaliteta je također vrlo dobra. Suprotno tome, kada je ulazna kvaliteta vrlo loša, većina serija se odbija i pregledava te tako dolazi do vrlo dobre kvalitete u izlaznim serijama. Između ta dva slučaja AOQ krivulja raste, doseže svoj maksimum i spušta se. Maksimalna točka na krivulji predstavlja najlošiju moguću prosječnu kvalitetu koja je rezultat postupaka ispravljanja te se naziva granična vrijednost prosječne izlazne kvalitete (eng. *Average Outgoing Quality Limit*), prikazana je na slici 12. [1]

Prosječna izlazna kvaliteta, %

Slika 12. AOQ i AOQL [15]

3.8. Normalna, smanjena i pooštrena kontrola

Norma ISO 2859-1 opisuje tri vrste planova uzorkovanja: jednostruki plan uzorkovanja, dvostruki plan uzorkovanja i višestruki plan uzorkovanja. U svakom planu uzorkovanja moguće je provoditi normalnu, s kojom se uvijek započinje, smanjenu ili pooštrenu kontrolu. Pooštrena kontrola primjenjuje se kada se nedavna povijest kvalitete dobavljača pogorša te su pod takvom kontrolom zahtjevi za prihvaćanje serije stroži u odnosu na normalnu kontrolu. Smanjena kontrola primjenjuje se kada je povijest kvalitete dobavljača vrlo dobra. [1]

Postupci prijelaza između normalne, smanjene i pooštrene kontrole prikazani su na slici 13 te su opisani u nastavku.

3.8.1. Prijelaz s normalne na pooštrenu kontrolu

Do prijelaza s normalne kontrole na pooštrenu kontrolu dolazi kada su dvije od pet (ili manje od pet) uzastopnih serija odbijene pri početnom pregledu. [11]

3.8.2. *Prijelaz s pooštrene na normalnu kontrolu*

Do prijelaza s pooštrene kontrole na normalnu kontrolu dolazi kada se pet uzastopnih serija prihvati pri početnom pregledu. [11]

3.8.3. *Prijelaz s normalne na smanjenu kontrolu*

Do prijelaza s normalne kontrole na smanjenu kontrolu dolazi kada se ispune sljedeća četiri uvjeta [11]:

- Kada je vrijednost pokazatelj prebacivanja barem 30
- Kada je proizvodnja stabilna, odnosno, nije došlo do poteškoća poput kvarova strojeva, nedostatka materijala ili sličnog
- Kada je nadležno tijelo odobrilo prijelaz na smanjenu kontrolu

3.8.3.1. *Pokazatelj prebacivanja*

Pokazatelj prebacivanja (eng. *Switching score*) računa se od početka normalne kontrole osim ako nadležno tijelo nije odredilo drugačije. Pokazatelj prebacivanja treba postaviti na nulu i računati ga nakon svake serije. [11]

Za jednostruki plan uzorkovanja [11]:

- Kada je broj prihvaćanja 2 ili više, dodati 3 vrijednosti pokazatelja prebacivanja ako je serija prihvaćena i AQL je za jednu vrijednost niži, u suprotnom vrijednost pokazatelja prebacivanja vratiti na 0.
- Kada je broj prihvaćanja 0 ili 1, dodati 2 vrijednosti pokazatelja prebacivanja ako je serija prihvaćena, u suprotnom vrijednost pokazatelja prebacivanja vratiti na 0.

Za dvostruki i višestruki plan uzorkovanja [11]:

- Kod dvostrukog plana uzorkovanja, dodati 3 vrijednosti pokazatelja prebacivanja ako je serija prihvaćena nakon prvog uzorka, u suprotnom vrijednost pokazatelja prebacivanja vratiti na 0.
- Kod višestrukog plana uzorkovanja, dodati 3 vrijednosti pokazatelja prebacivanja ako je serija prihvaćena u prvom, drugom ili trećem uzorku, u suprotnom vrijednost pokazatelja prebacivanja vratiti na 0.

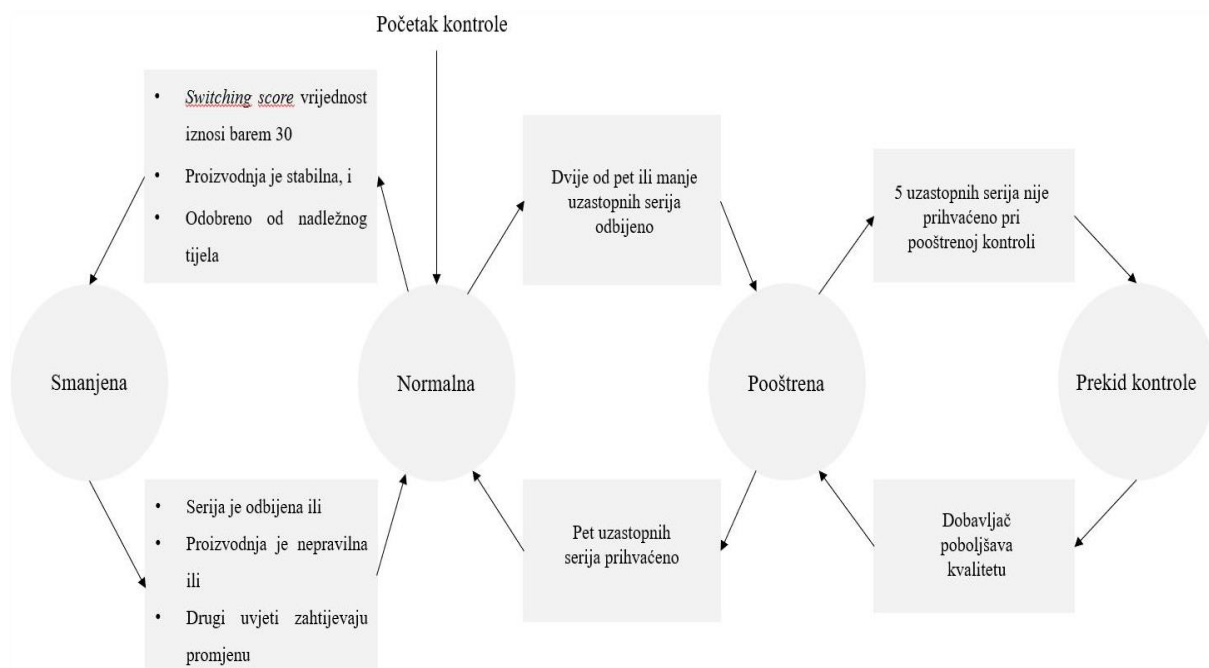
3.8.4. Prijelaz sa smanjene na normalnu kontrolu

Do prijelaza sa smanjene kontrole na normalnu dolazi kada se ispune bilo koji od sljedećih uvjeta [11]:

- Kada je serija odbijena
- Kada je proizvodnja nepravilna ili kasni
- Kada drugi uvjeti zahtijevaju prijelaz na normalnu kontrolu

3.8.5. Prekid kontrole

Ako broj uzastopnih odbijenih serija, koje su kontrolirane prema pooštrenom režimu, dosegne 5, kontrola se prekida i neće se nastaviti sve dok dobavljač ne poduzme radnje za poboljšanje kvalitete dostavljenih serija. [11]



Slika 13. Pravila prebacivanja za normalnu, smanjenu i pooštrenu kontrolu [11]

3.9. Razina kontrole

Razinu kontrole određuje nadležno tijelo za svaku određenu primjenu. To im omogućuje da zahtijevaju manje ili veće razlikovanje, ovisno o svrsi. [11]

Postoje tri opće razine kontrole: razina I, razina II i razina III. Razina II koristi se ako nije drugačije određeno. Razina I zahtijeva upola manje kontrole u odnosu na razinu II te se može

koristiti kada je potrebno manje razlikovanje. Razina III zahtijeva dvostruko više kontrole u odnosu na razinu II te bi se trebala koristiti kada je potrebno veće razlikovanje. [1] Razina kontrole, odabrana na početku, ne mijenja se bez obzira na promjenu režima kontrole. [11]

Četiri posebne razine kontrole, S-1, S-2, S-3 i S-4, primjenjuju se samo kada su veličine uzorka male te kada su rizici uzorkovanja dozvoljavaju ili mogu dozvoliti. [1] Prilikom određivanja posebnih razina kontrole važno je pripaziti da se izbjegnu *AQL*-ovi koji nisu u skladu s tim razinama kontrole. [11]

Tablica 2. Kodna slova [11]

| Veličina serije | Specijalne razine kontrole | | | | Uobičajene razine kontrole | | |
|--------------------|----------------------------|-----|-----|-----|----------------------------|----|-----|
| | S-1 | S-2 | S-3 | S-4 | I | II | III |
| 2 to 8 | A | A | A | A | A | A | B |
| 9 to 15 | A | A | A | A | A | B | C |
| 16 to 25 | A | A | B | B | B | C | D |
| 26 to 50 | A | B | B | C | C | D | E |
| 51 to 90 | B | B | C | C | C | E | F |
| 91 to 150 | B | B | C | D | D | F | G |
| 151 to 280 | B | C | D | E | E | G | H |
| 281 to 500 | B | C | D | E | F | H | J |
| 501 to 1 200 | C | C | E | F | G | J | K |
| 1 201 to 3 200 | C | D | E | G | H | K | L |
| 3 201 to 10 000 | C | D | F | G | J | L | M |
| 10 001 to 35 000 | C | D | F | H | K | M | N |
| 35 001 to 150 000 | D | E | G | J | L | N | P |
| 150 001 to 500 000 | D | E | G | J | M | P | Q |
| 500 001 and over | D | E | H | K | N | Q | R |

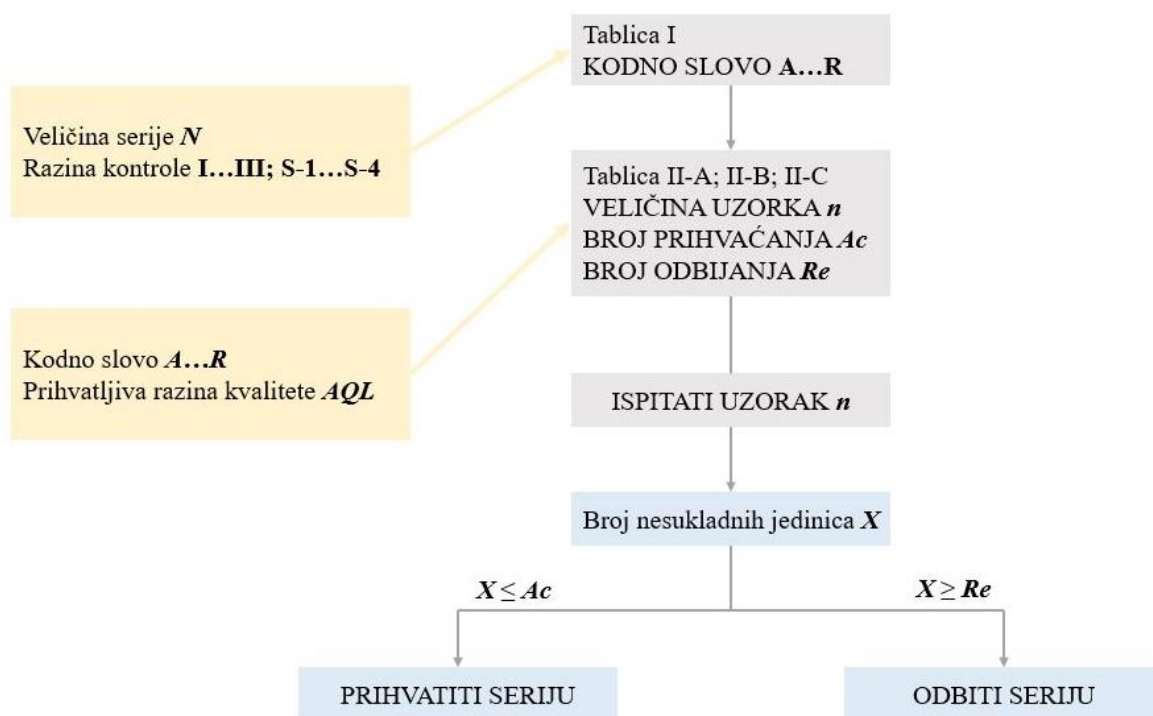
3.10. Vrste planova uzorkovanja

Tri su vrste plana uzorkovanja: jednostruki, dvostruki i višestruki. Vrsta postupka uzorkovanja odabire se s obzirom na administrativnu učinkovitost, prosječnu količinu kontrole koju zahtijeva postupak uzorkovanja i utjecaj koji pojedini postupak može imati na tok materijala u proizvodnji. [1]

Planovi su detaljnije objašnjeni u nastavku.

3.10.1. Jednostruki plan uzorkovanja

Jednostruki plan uzorkovanja predstavlja kombinaciju veličine uzorka i broja prihvatanja i broja odbijanja. Primjena jednostrukog plana uzorkovanja vrlo je jednostavna. Broj pregledanih uzoraka treba biti jednak veličini uzorka koja je navedena u planu. Ako je broj nesukladnih jedinica pronađenih u uzorku jednak ili manji od broja prihvatanja, serija će se okarakterizirati kao prihvatljiva. Ako je broj nesukladnih jedinica jednak ili veći od broja odbijanja, serija će se okarakterizirati kao neprihvatljiva, odnosno odbacuje se. Jednostruko uzorkovanje se najviše primjenjuje u odnosu na ostale postupke uzorkovanje. [11] [12]

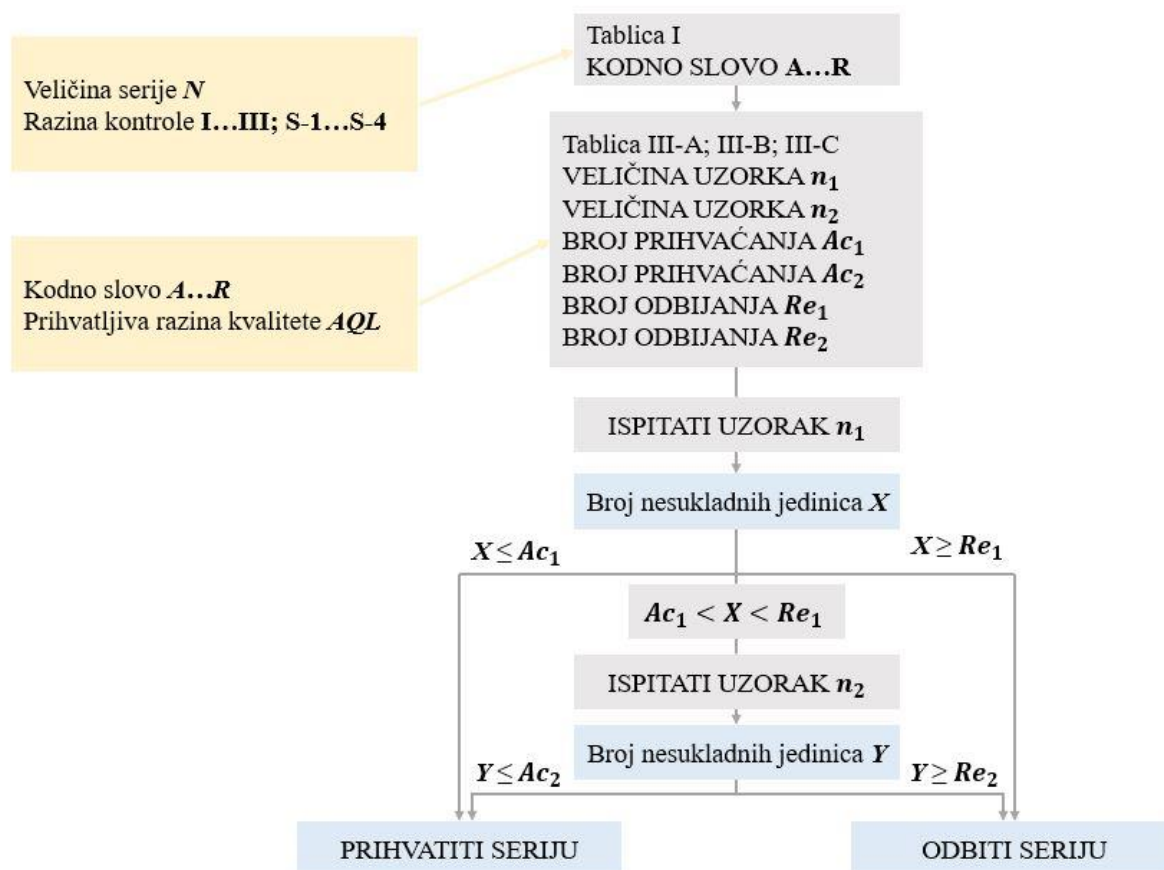


Slika 14. Jednostruki plan uzorkovanja

3.10.2. Dvostruki plan uzorkovanja

Dvostruki plan uzorkovanja predstavlja kombinaciju dviju veličina uzorka i broja prihvatanja i broja odbijanja za prvi uzorak i za drugi uzorak. Dvostruki plan uzorkovanja složeniji je u odnosu na jednostruki plan uzorkovanja. Broj uzoraka, koji su prvo pregledani, treba biti jednak prvoj veličini uzorka koja je navedena u planu. Ako je broj nesukladnih jedinica pronađenih u prvom uzorku jednak ili manji od prvog broja prihvatanja, serija će se okarakterizirati kao prihvatljiva. Ako je broj nesukladnih jedinica pronađenih u prvom uzorku jednak ili veći od prvog broja odbijanja, serija će se okarakterizirati kao neprihvatljiva. [11] [1]

Ako je broj nesukladnih jedinica pronađenih u prvom uzorku između prvog broja prihvatanja i prvog broja odbijanja, odabire se druga veličina uzorka koja je navedena u planu. Broj nesukladnih jedinica pronađenih u prvom i drugom uzorku se zbraja, te ako je taj zbroj jednak ili manji od drugog broja prihvatanja, serija će se okarakterizirati kao prihvatljiva, a ako je jednak ili veći od drugog broja odbijanja, serija će se okarakterizirati kao neprihvatljiva. [11]



Slika 15. Dvostruki plan uzorkovanja

3.10.3. Višestruki plan uzorkovanja

Višestruki plan uzorkovanja proširenje je modela dvostrukog uzorkovanja, što znači da mogu biti više od dva uzorka kako bi se donijela odluka o prihvatanju, odnosno odbijanju serije. Veličine uzorka često su manje nego u jednostrukom ili dvostrukom uzorkovanju. [1]

Prema ISO 2859-1 postoji pet faza tako da će se odluka o prihvatanju ili odbijanju serije donijeti najkasnije do pete faze. [11]

4. PRIMJENA PLANOVA UZORKOVANJA ZA ATRIBUTE

U ovom poglavlju prikazana je provedba jednostrukog, dvostrukog i višestrukog plana uzorkovanja na odabranom primjeru.

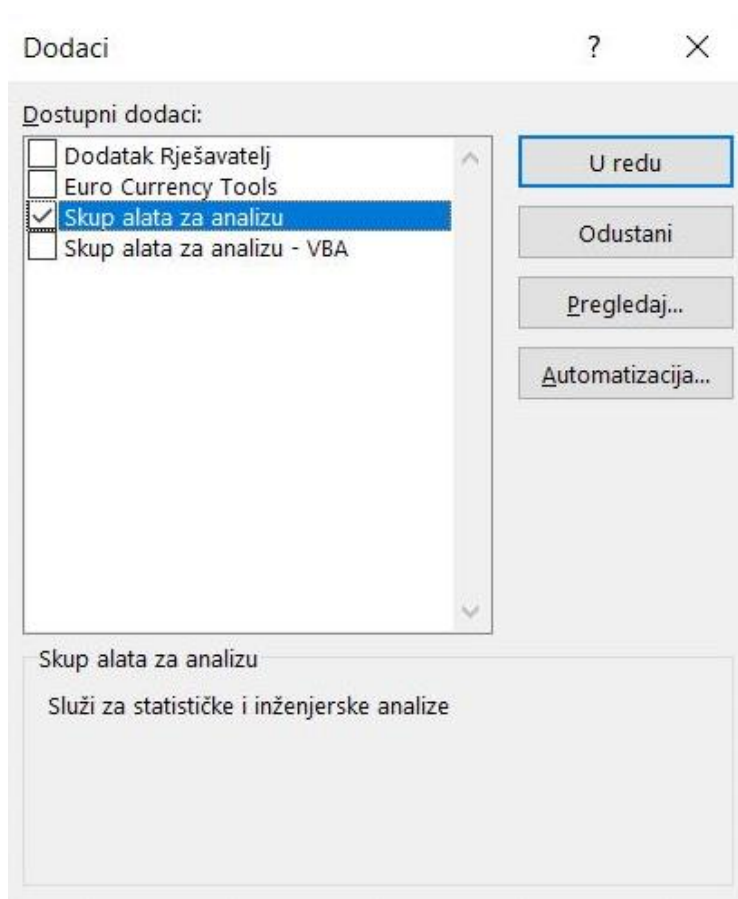
Za sva tri plana uzorkovanja odabrana je veličina serije N od 1000 komada, prihvatljiva razina kvalitete (AQL) 1,5 % te prema normi ISO 2859-1 svaki plan započet je s normalnom kontrolom i općom razinom kontrole II. U sva tri plana uzorkovanja došlo je do prijelaza s normalne kontrolu na pooštrenu kontrolu, dok do prijelaza na smanjenu kontrolu ili prekida kontrole nije došlo. Planovi uzorkovanja provedeni su u 20 isporuka u kojima je broj nesukladnih jedinica prikazan u tablici 3.

Tablica 3. Broj nesukladnih jedinica u isporukama

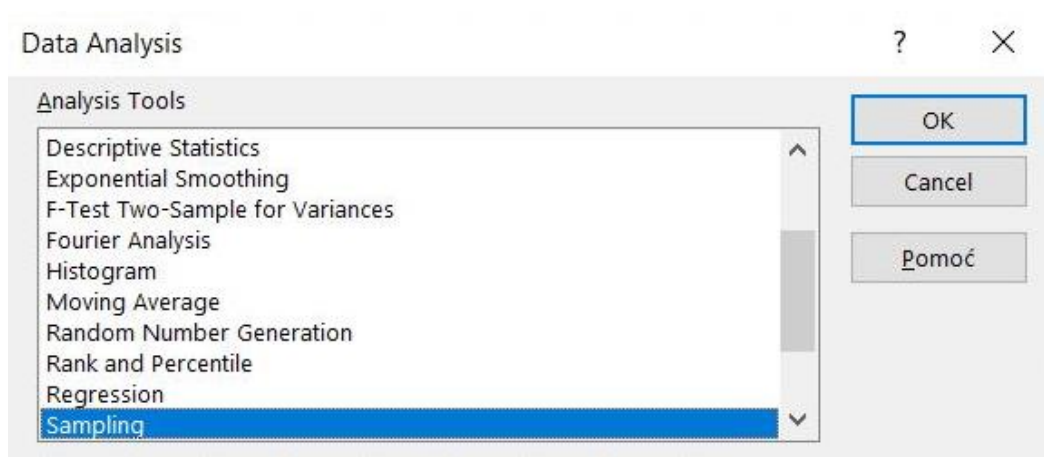
| Broj isporuke | Broj nesukladnih jedinica | Isporuka treba biti |
|---------------|---------------------------|---------------------|
| 1. | 15 | Prihvaćena |
| 2. | 8 | Prihvaćena |
| 3. | 10 | Prihvaćena |
| 4. | 23 | Odbijena |
| 5. | 16 | Odbijena |
| 6. | 19 | Odbijena |
| 7. | 21 | Odbijena |
| 8. | 14 | Prihvaćena |
| 9. | 13 | Prihvaćena |
| 10. | 18 | Odbijena |
| 11. | 12 | Prihvaćena |
| 12. | 22 | Odbijena |
| 13. | 20 | Odbijena |
| 14. | 25 | Odbijena |
| 15. | 18 | Odbijena |
| 16. | 16 | Odbijena |
| 17. | 14 | Prihvaćena |
| 18. | 20 | Odbijena |
| 19. | 11 | Prihvaćena |
| 20. | 17 | Odbijena |

Prema zadanom AQL-u od 1,5 % u seriji od 1000 komada maksimalni broj nesukladnih jedinica trebao bi iznositi 15. U tablici 3 prikazano je da je broj nesukladnih jedinica u isporukama u rasponu od 8 do 28, odnosno prema podacima iz tablice 3, 15 ili manje nesukladnih jedinica sadrži 8 isporuka, dok više od 15 nesukladnih jedinica sadrži 12 isporuka, to znači da bi 8 isporuka trebalo biti prihvaćeno, a 12 odbijeno. S tim podacima provedeni su jednostruki, dvostruki i višestruki planovi uzorkovanja koji će biti objašnjeni i prikazani u nastavku.

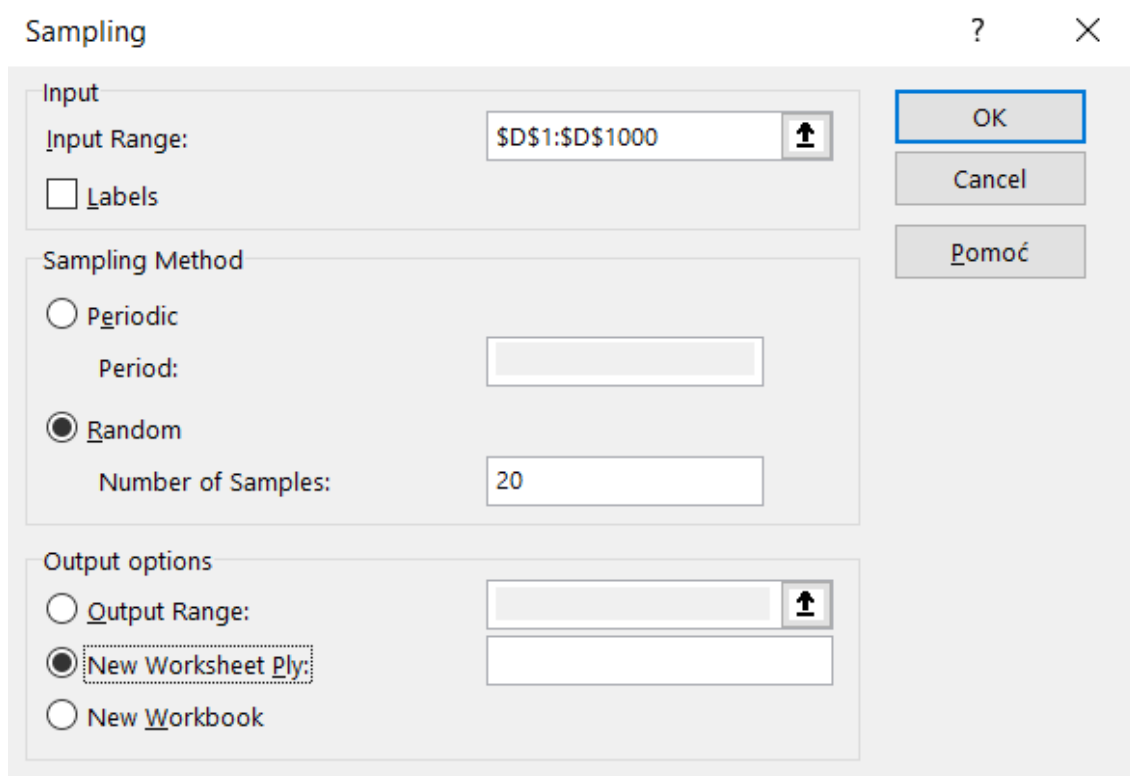
Uzorci za provedbu planova uzorkovanja odabrani su pomoću Excel-a, odnosno dodatka skup alata za analizu u kojem se za alat odabrao *Sampling*, a zatim je unesen *Input Range* od 1 do 1000 te je *Number of Samples* pomoću *Random Sampling Method* odabran iz serije. Postupak je prikazan na slikama 16, 17, 18 i 19.



Slika 16. Skup alata za analizu [16]



Slika 17. Alati za analizu [16]



Slika 18. Uzorkovanje [16]

| | A | B |
|----|-----|---|
| 1 | 417 | |
| 2 | 779 | |
| 3 | 305 | |
| 4 | 671 | |
| 5 | 934 | |
| 6 | 428 | |
| 7 | 28 | |
| 8 | 541 | |
| 9 | 348 | |
| 10 | 590 | |
| 11 | 41 | |
| 12 | 169 | |
| 13 | 233 | |
| 14 | 570 | |
| 15 | 683 | |
| 16 | 447 | |
| 17 | 914 | |
| 18 | 514 | |
| 19 | 530 | |
| 20 | 190 | |

Slika 19. Primjer nasumično dobivenih uzoraka za višestruki plan uzorkovanja [16]

4.1. Primjena jednostrukog plan uzorkovanja

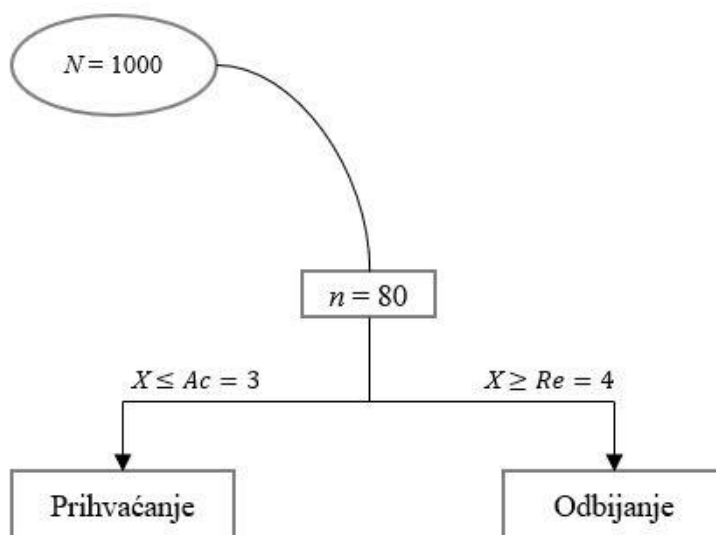
Pomoću alata u Excel-u nasumičnim odabirom izvučeno je 80 uzoraka za svaku isporuku, ukupno 1350 uzoraka koji su provedeni kroz dvostruki plan uzorkovanja.

Za veličinu serije od 1000 komada i opću razinu kontrole II tablica 4 navodi na kodno slovo J. Zatim za kodno slovo J i prihvatljivu razinu kvalitete od 1,5 % tablica 10 upućuje na veličinu uzorka $n = 80$, broj prihvaćanja $Ac = 3$ te broj odbijanja $Re = 4$, shema uzorkovanja prikazana je na slici 20.

Ako u uzorku nema nesukladnih jedinica ili su maksimalno 3 nesukladne jedinice, serija se prihvaća, a ako su u uzorku 4 ili više nesukladnih jedinica, serija se odbija.

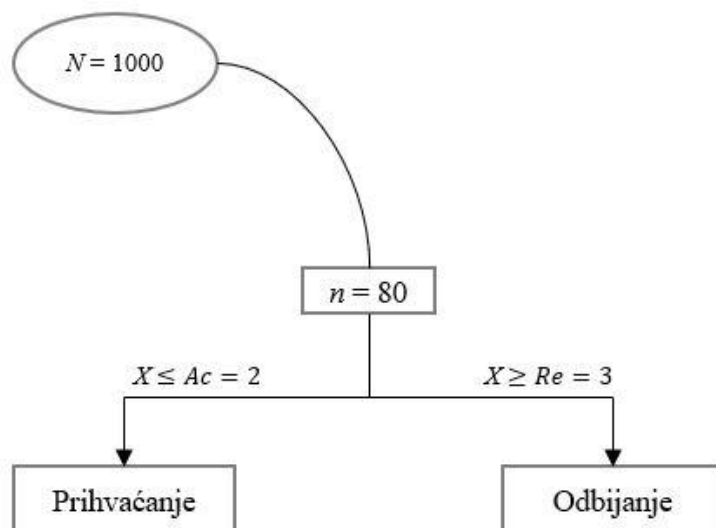
Tablica 4. Odabir kodnog slova [1]

| Veličina serije | Specijalne razine kontrole | | | | Uobičajene razine kontrole | | |
|---------------------|----------------------------|-----|-----|-----|----------------------------|-----------|-----|
| | S-1 | S-2 | S-3 | S-4 | I | <u>II</u> | III |
| 2 to 8 | A | A | A | A | A | A | B |
| 9 to 15 | A | A | A | A | A | B | C |
| 16 to 25 | A | A | B | B | B | C | D |
| 26 to 50 | A | B | B | C | C | D | E |
| 51 to 90 | B | B | C | C | C | E | F |
| 91 to 150 | B | B | C | D | D | F | G |
| 151 to 280 | B | C | D | E | E | G | H |
| 281 to 500 | B | C | D | E | F | H | J |
| <u>501 to 1 200</u> | C | C | E | F | G | J | K |
| 1 201 to 3 200 | C | D | E | G | H | K | L |
| 3 201 to 10 000 | C | D | F | G | J | L | M |
| 10 001 to 35 000 | C | D | F | H | K | M | N |
| 35 001 to 150 000 | D | E | G | J | L | N | P |
| 150 001 to 500 000 | D | E | G | J | M | P | Q |
| 500 001 and over | D | E | H | K | N | Q | R |



Slika 20. Shema jednostrukog plana uzorkovanja za normalnu kontrolu

Nakon prijelaza na pooštrenu kontrolu prema tablici 11 potrebno je uzeti veličinu uzorka $n = 80$, broj prihvaćanja $Ac = 2$ te broj odbijanja $Re = 3$, shema jednostrukog plana uzorkovanja za pooštrenu kontrolu prikazana je na slici 21.



Slika 21. Shema jednostrukog plana uzorkovanja za pooštrenu kontrolu

Broj pronađenih nesukladnih jedinica u isporukama, veličina uzorka u isporukama te je li isporuka prihvaćena ili odbijena prikazano je u tablici 5.

Tablica 5. Rezultati provedbe jednostrukog plana uzorkovanja

| Broj isporuke | Broj nesukladnih jedinica | | | | | Veličina ispitnog uzorka u isporuci, n | Prihvaćeno/ Odbijeno |
|---------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|--|-------------------------|
| | $X = 0$ | $X = 1$ | $X = 2$ | $X = 3$ | $X = 4$ | | |
| 1. | * | | | | | 80 | P |
| 2. | | * | | | | 80 | P |
| 3. | | * | | | | 80 | P |
| 4. | | | * | | | 80 | P |
| 5. | | | | | * | 80 | O |
| 6. | | * | | | | 80 | P |
| 7. | | | | | * | 80 | O |
| 8. | | | * | | | 80 | P |
| 9. | | | | | * | 80 | O |
| 10. | | | | | * | 80 | O |
| 11. | | | * | | | 80 | P |
| 12. | | | | * | | 80 | O |
| 13. | | | | * | | 80 | O |
| 14. | | | | * | | 80 | O |
| 15. | | | * | | | 80 | P |
| 16. | | | | * | | 80 | O |
| 17. | | * | | | | 80 | P |
| 18. | * | | | | | 80 | P |
| 19. | * | | | | | 80 | P |
| 20. | | | | * | | 80 | O |
| Σ | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 1600 | |

Jednostrukim uzorkovanjem od 20 isporuka prihvaćeno je 11, a odbijeno 9. To jest, u 11 isporuka broj pronađenih nesukladnih jedinica bio je manji ili jednak broju prihvaćanja, dok je u 9 isporuka broj pronađenih nesukladnih jedinica bio jednak ili veći od broja odbijanja. Uspoređujući tablice 3 i 5 uočeno je da su prihvaćene tri isporuke više, odnosno odbijene su tri isporuke manje. Nakon 10 isporuka s režima normalne kontrole došlo je do prijelaza na pooštrenu kontrolu jer su dvije uzastopne serije, deveta i deseta, odbijene.

Prema dobivenim rezultatima u tablici 5 primijećeno je da su prihvaćene, a trebale su biti odbijene, 4. isporuka koja sadrži 23 nesukladne jedinice, 6. isporuka koja sadrži 19 nesukladnih jedinica, 15. isporuka koja sadrži 18 nesukladnih jedinica te 18. isporuka koja sadrži 20 nesukladnih jedinica, dok je odbijena, a trebala je biti prihvaćena, 9. isporuka koja sadrži 13 nesukladnih jedinica, što je manje od maksimalnog broja nesukladnih jedinica koji za ovaj primjer iznosi 15.

4.1.1. Operativna krivulja

Normalna kontrola

Vjerojatnost prihvatanja serije za odabrani primjer, čija je shema prikazana na slici 20, računa se prema izrazu:

$$Pa = P(x = 0) + P(x = 1) + P(x = 2) + P(x = 3)$$

U odabranom primjeru, gdje je $n = 80$ i $AQL = 1,5 \%$, vjerojatnost prihvatanja pojedinačnih elemenata iznosi :

$$P(x = 0) = q^n = 0,985^{80} = 0,2984$$

$$P(x = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x = 0) = 0,3635$$

$$P(x = 2) = \frac{80 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x = 1) = 0,2187$$

$$P(x = 3) = \frac{80 - 3 + 1}{3} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x = 2) = 0,0866$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,2984 + 0,3635 + 0,2187 + 0,0866 = 0,9672 = 96,72 \%$$

Dok rizik dobavljača, α -rizik, iznosi:

$$\alpha - \text{rizik} = 1 - Pa = 0,0328 = 3,28 \%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 3 \%$

$$P(x = 0) = q^n = 0,97^{80} = 0,0874$$

$$P(x = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x = 0) = 0,2162$$

$$P(x = 2) = \frac{80 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x = 1) = 0,2641$$

$$P(x = 3) = \frac{80 - 3 + 1}{3} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x = 2) = 0,1722$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,0874 + 0,2162 + 0,2641 + 0,1722 = 0,7399 = 73,99 \%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 5 \%$

$$P(x = 0) = q^n = 0,95^{80} = 0,0165$$

$$P(x = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x = 0) = 0,0695$$

$$P(x = 2) = \frac{80 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x = 1) = 0,1444$$

$$P(x = 3) = \frac{80 - 3 + 1}{3} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x = 2) = 0,1976$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,0165 + 0,0695 + 0,1444 + 0,1976 = 0,428 = 42,8 \%$$

Pooštrena kontrola

Vjerojatnost prihvatanja serije za odabrani primjer, čija je shema prikazana na slici 21, računa se prema izrazu:

$$Pa = P(x = 0) + P(x = 1) + P(x = 2)$$

U odabranom primjeru, gdje je $n = 80$ i $AQL = 1,5 \%$, vjerojatnost prihvatanja pojedinačnih elemenata iznosi :

$$P(x = 0) = q^n = 0,985^{80} = 0,2984$$

$$P(x = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x = 0) = 0,3635$$

$$P(x = 2) = \frac{80 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x = 1) = 0,2187$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,2984 + 0,3635 + 0,2187 = 0,8806 = 88,06 \%$$

Dok rizik dobavljača, α -rizik, iznosi:

$$\alpha - rizik = 1 - Pa = 0,1194 = 11,94 \%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 3 \%$

$$P(x = 0) = q^n = 0,97^{80} = 0,0874$$

$$P(x = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x = 0) = 0,2162$$

$$P(x = 2) = \frac{80 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x = 1) = 0,2641$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,0874 + 0,2162 + 0,2641 = 0,5677 = 56,77 \%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 5 \%$

$$P(x = 0) = q^n = 0,95^{80} = 0,0165$$

$$P(x = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x = 0) = 0,0695$$

$$P(x = 2) = \frac{80 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x = 1) = 0,1444$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,0165 + 0,0695 + 0,1444 = 0,2304 = 23,04 \%$$

Smanjena kontrola

Za kodno slovo J i $AQL = 1,5 \%$ tablica 12 ukazuje da treba uzeti veličinu uzorka $n = 32$, te je broj za prihvatanje $Ac = 2$, a broj za odbijanje $Re = 3$.

Vjerojatnost prihvatanja serije za odabrani primjer računa se prema izrazu:

$$Pa = P(x = 0) + P(x = 1) + P(x = 2)$$

U odabranom primjeru, gdje je $n = 80$ i $AQL = 1,5 \%$, vjerojatnost prihvatanja pojedinačnih elemenata iznosi :

$$P(x = 0) = q^n = 0,985^{32} = 0,6165$$

$$P(x = 1) = \frac{32 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x = 0) = 0,3004$$

$$P(x = 2) = \frac{32 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x = 1) = 0,0709$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,6165 + 0,3004 + 0,0709 = 0,9878 = 98,78 \%$$

Dok rizik dobavljača, α -rizik, iznosi:

$$\alpha - rizik = 1 - Pa = 0,0122 = 1,22 \%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 3 \%$

$$P(x = 0) = q^n = 0,97^{32} = 0,3773$$

$$P(x = 1) = \frac{32 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x = 0) = 0,3734$$

$$P(x = 2) = \frac{32 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x = 1) = 0,1790$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,3773 + 0,3734 + 0,1790 = 0,9297 = 92,97 \%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 5 \%$

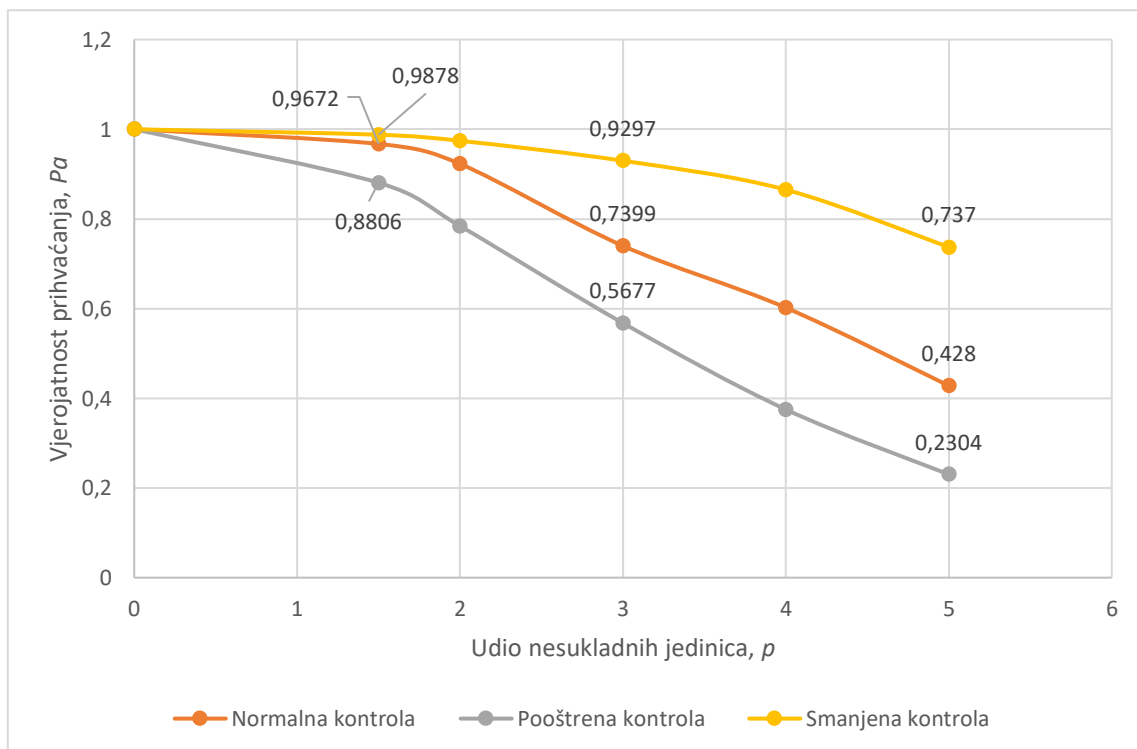
$$P(x = 0) = q^n = 0,95^{32} = 0,1937$$

$$P(x = 1) = \frac{32 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x = 0) = 0,3262$$

$$P(x = 2) = \frac{32 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x = 1) = 0,2171$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,1937 + 0,3262 + 0,2171 = 0,737 = 73,7 \%$$



Slika 22. Operativna krivulja za jednostruki plan uzorkovanja

Slika 22 prikazuje operativne krivulje za sve tri kontrole: normalnu, pooštrenu i smanjenu. Iz slike je vidljivo da operativna krivulja smanjene kontrole ima najveće vjerojatnosti prihvatanja za svaki udio nesukladnih jedinica, dok najmanje vjerojatnosti prihvatanja pokazuje krivulja pooštrene kvalitete.

Rizik dobavljača prikazan u tablici 6 povećava se kako zahtjevi za prihvaćanjem serije postaju stroži, odnosno rizik dobavljača najviše iznosi kod pooštrene kontrole.

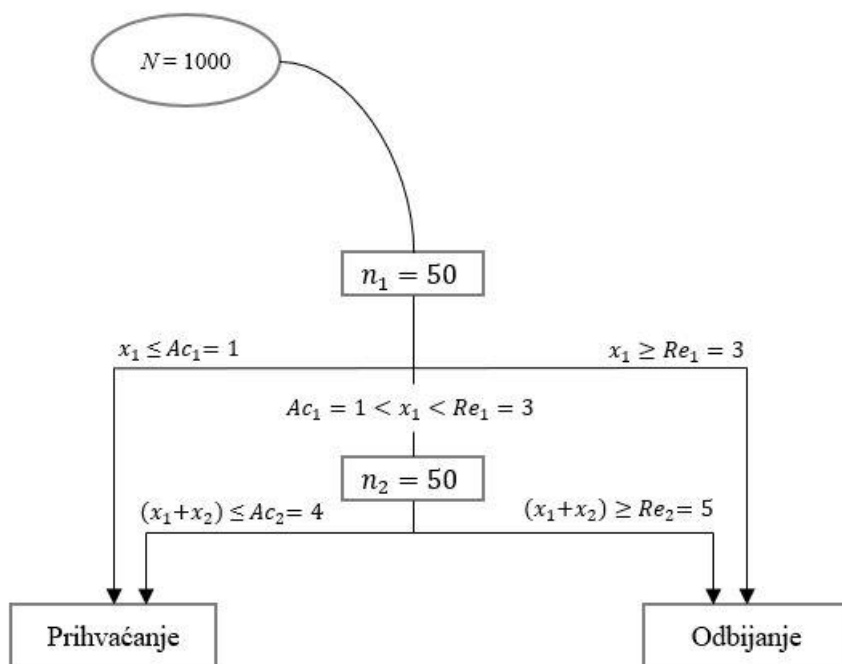
Tablica 6. Rizici dobavljača kod jednostrukog plana uzorkovanja

| Vrsta kontrole | Rizik dobavljača (α -rizik) |
|----------------|-------------------------------------|
| Normalna | 3,28 % |
| Pooštrena | 11,94 % |
| Smanjena | 1,22 % |

4.2. Primjena dvostrukog plana uzorkovanja

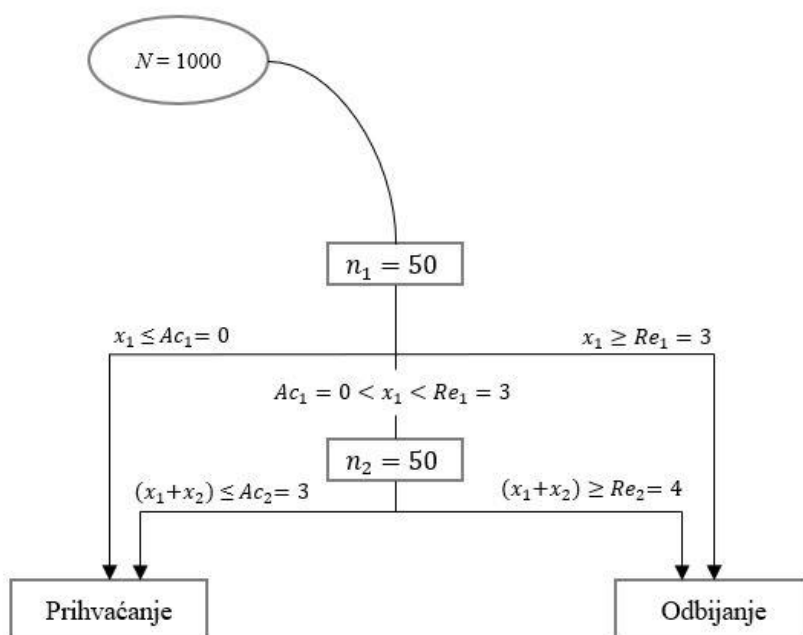
Pomoću alata u Excel-u nasumičnim odabirom izvučeno je ukupno 1350 uzoraka koji su provedeni kroz dvostruki plan uzorkovanja.

Ulazni podaci za dvostruki plan uzorkovanja isti su kao i za jednostruki plan uzorkovanja pa za veličinu serije $N = 1000$ i opću razinu kontrole II tablica 4 navodi opet na kodno slovo J. Zatim za kodno slovo J i $AQL = 1,5\%$ tablica 13 upućuje na veličine uzoraka $n_1 = 50$ i $n_2 = 50$, brojeve prihvatanja $Ac_1 = 1$ i $Ac_2 = 4$ i brojeve odbijanja $Re_1 = 3$ i $Re_2 = 5$ kako je prikazano na slici 23.



Slika 23. Shema dvostrukog plana uzorkovanja za normalnu kontrolu

Prelaskom na pooštrenu kontrolu tablica 14 upućuje na veličine uzoraka $n_1 = 50$ i $n_2 = 50$, brojeve prihvatanja $Ac_1 = 0$ i $Ac_2 = 3$ i brojeve odbijanja $Re_1 = 3$ i $Re_2 = 4$ kako je prikazano na slici 24.



Slika 24. Shema dvostrukog plana uzorkovanja za pooštrenu kontrolu

Rezultati provedbe dvostrukog plana uzorkovanja prikazani su u tablici 7.

Tablica 7. Rezultati provedbe dvostrukog plana uzorkovanja

| Broj isporuke | Broj nesukladnih jedinica | | | | | | Veličina ispitanog uzroka u isporuci, <i>n</i> | Prihvaćeno/ Odbijeno |
|---------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|-------------------------|
| | <i>X</i> = 0 | <i>X</i> = 1 | <i>X</i> = 2 | <i>X</i> = 3 | <i>X</i> = 4 | <i>X</i> = 5 | | |
| 1. | | * | | | | | 50 | P |
| 2. | | * | | | | | 50 | P |
| 3. | * | | | | | | 50 | P |
| 4. | | | | * | | | 50 | O |
| 5. | | | * | | | | 100 | P |
| 6. | | | | | | * | 100 | O |
| 7. | | | | * | | | 50 | O |
| 8. | * | | | | | | 50 | P |
| 9. | * | | | | | | 50 | P |
| 10. | | * | | | | | 100 | P |
| 11. | * | | | | | | 50 | P |
| 12. | | | | | * | | 100 | O |
| 13. | | | | | * | | 100 | O |
| 14. | | | | * | | | 50 | O |
| 15. | * | | | | | | 50 | P |
| 16. | | | | | * | | 100 | O |
| 17. | | | | * | | | 50 | O |
| 18. | * | | | | | | 50 | P |
| 19. | * | | | | | | 50 | P |
| 20. | | | | * | | | 100 | P |
| Σ | 7 | 3 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1350 | |

Dvostrukim uzorkovanjem od 20 isporuka prihvaćeno je 12, a odbijeno 8. Točnije, u 12 isporuka broj pronađenih nesukladnih jedinica bio je manji ili jednak broju prihvaćanja, dok je u 8 isporuka broj pronađenih nesukladnih jedinica bio jednak ili veći od broja odbijanja. Uspoređujući tablice 3 i 7 uočeno je da su prihvaćene četiri isporuke više, odnosno odbijene su četiri isporuke manje. Nakon 7 isporuka s režima normalne kontrole došlo je do prijelaza na pooštrenu kontrolu jer su dvije uzastopne serije, šesta i sedma, odbijene.

Prema dobivenim rezultatima u tablici 7 primijećeno je da su prihvaćene, a trebale su biti odbijene, 5. isporuka koja sadrži 16 nesukladnih jedinica, 10. isporuka koja sadrži 18 nesukladnih jedinica, 15. isporuka koja sadrži 18 nesukladnih jedinica, 18. isporuka koja sadrži 20 nesukladnih jedinica te 20. isporuka koja sadrži 17 nesukladnih jedinica, dok je odbijena, a

trebala je biti prihvaćena, 17. isporuka koja sadrži 14 nesukladnih jedinica, što je manje od maksimalnog broja nesukladnih jedinica koji za ovaj primjer iznosi 15.

4.2.1. Operativna krivulja

Normalna kontrola

Vjerojatnost prihvaćanja za odabrani primjer, čija je shema prikazana na slici 23, računa se prema izrazu:

$$Pa = P(x_1 = 0) + P(x_1 = 1) + P(x_1 = 2) \times [P(x_2 = 0) + P(x_2 = 1) + P(x_2 = 2)]$$

Za $AQL = 1,5\%$ vjerojatnosti prihvaćanja iznose:

$$P(x_1 = 0) = P(x_2 = 0) = 0,985^{50} = 0,4697$$

$$P(x_1 = 1) = P(x_2 = 1) = \frac{50 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x_1 = 0) = 0,3576$$

$$P(x_1 = 2) = P(x_2 = 2) = \frac{50 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x_1 = 1) = 0,1334$$

Iz toga slijeda da vjerojatnost prihvaćanja iznosi:

$$Pa = 0,4697 + 0,3576 + 0,1334 \times [0,4697 + 0,3576 + 0,1334] = 0,9555 = 95,55\%$$

Dok rizik dobavljača, α -rizik, iznosi:

$$\alpha - rizik = 1 - Pa = 0,0445 = 4,45\%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 3\%$

$$P(x_1 = 0) = P(x_2 = 0) = 0,97^{50} = 0,2181$$

$$P(x_1 = 1) = P(x_2 = 1) = \frac{50 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x_1 = 0) = 0,3373$$

$$P(x_1 = 2) = P(x_2 = 2) = \frac{50 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x_1 = 1) = 0,2556$$

Iz toga slijeda da vjerojatnost prihvaćanja iznosi:

$$Pa = 0,2181 + 0,3373 + 0,2556 \times [0,2181 + 0,3373 + 0,2556] = 0,7627 = 76,27\%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 5\%$

$$P(x_1 = 0) = P(x_2 = 0) = 0,95^{50} = 0,0769$$

$$P(x_1 = 1) = P(x_2 = 1) = \frac{50 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x_1 = 0) = 0,2024$$

$$P(x_1 = 2) = P(x_2 = 2) = \frac{50 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x_1 = 1) = 0,261$$

Iz toga slijeda da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,0769 + 0,2024 + 0,261 \times [0,0769 + 0,2024 + 0,261] = 0,4365 = 43,65 \%$$

Pooštrena kontrola

Vjerojatnost prihvatanja za odabrani primjer, čija je shema prikazana na slici 24, računa se prema izrazu:

$$Pa = P(x_1 = 0) + P(x_1 = 1) \times [P(x_2 = 0) + P(x_2 = 1) + P(x_2 = 2)]$$

Za $AQL = 1,5 \%$ vjerojatnosti prihvatanja iznose:

$$P(x_1 = 0) = P(x_2 = 0) = 0,985^{50} = 0,4697$$

$$P(x_1 = 1) = P(x_2 = 1) = \frac{50 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x_1 = 0) = 0,3576$$

$$P(x_2 = 2) = \frac{50 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x_1 = 1) = 0,1334$$

Iz toga slijeda da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,4697 + 0,3576 \times [0,4697 + 0,3576 + 0,1334] = 0,8132 = 81,32 \%$$

Dok rizik dobavljača, α -rizik, iznosi:

$$\alpha - rizik = 1 - Pa = 0,1868 = 18,68 \%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 3 \%$

$$P(x_1 = 0) = P(x_2 = 0) = 0,97^{50} = 0,2181$$

$$P(x_1 = 1) = P(x_2 = 1) = \frac{50 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x_1 = 0) = 0,3373$$

$$P(x_2 = 2) = \frac{50 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x_1 = 1) = 0,2556$$

Iz toga slijeda da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,2181 + 0,3373 \times [0,2181 + 0,3373 + 0,2556] = 0,4917 = 49,17 \%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 5 \%$

$$P(x_1 = 0) = P(x_2 = 0) = 0,95^{50} = 0,0769$$

$$P(x_1 = 1) = P(x_2 = 1) = \frac{50 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x_1 = 0) = 0,2024$$

$$P(x_2 = 2) = \frac{50 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x_1 = 1) = 0,261$$

Iz toga slijeda da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,0769 + 0,2024 \times [0,0769 + 0,2024 + 0,261] = 0,1863 = 18,63 \%$$

Smanjena kontrola

Za kodno slovo J i $AQL = 1,5 \%$ tablica 15 ukazuje da treba uzeti veličine uzoraka $n_1 = 20$ i $n_2 = 20$, brojeve prihvatanja $Ac_1 = 0$ i $Ac_2 = 3$ i brojeve odbijanja $Re_1 = 3$ i $Re_2 = 4$.

Vjerojatnost prihvatanja za odabrani primjer računa se prema iznosu:

$$Pa = P(x_1 = 0) + P(x_1 = 1) \times [P(x_2 = 0) + P(x_2 = 1) + P(x_2 = 2)] + P(x_1 = 2) \times [P(x_2 = 0) + P(x_2 = 1)]$$

Za $AQL = 1,5 \%$ vjerojatnosti prihvatanja iznose:

$$P(x_1 = 0) = P(x_2 = 0) = 0,985^{20} = 0,7391$$

$$P(x_1 = 1) = P(x_2 = 1) = \frac{20 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x_1 = 0) = 0,2251$$

$$P(x_1 = 2) = P(x_2 = 2) = \frac{20 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,015}{0,985} \times P(x_1 = 1) = 0,0326$$

Iz toga slijeda da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = 0,7391 + 0,2251 \times [0,7391 + 0,2251 + 0,0326] + 0,0326 \times [0,7391 + 0,2251] = 0,9949 = 99,49 \%$$

Dok rizik dobavljača, α -rizik, iznosi:

$$\alpha - \text{rizik} = 1 - Pa = 0,0051 = 0,51 \%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 3 \%$

$$P(x_1 = 0) = P(x_2 = 0) = 0,97^{20} = 0,5438$$

$$P(x_1 = 1) = P(x_2 = 1) = \frac{20 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x_1 = 0) = 0,3364$$

$$P(x_1 = 2) = P(x_2 = 2) = \frac{20 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,03}{0,97} \times P(x_1 = 1) = 0,0988$$

Iz toga slijeda da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$\begin{aligned} Pa &= 0,5438 + 0,3364 \times [0,5438 + 0,3364 + 0,0988] + 0,0988 \times [0,5438 + 0,3364] \\ &= 0,9601 = 96,01 \% \end{aligned}$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 5 \%$

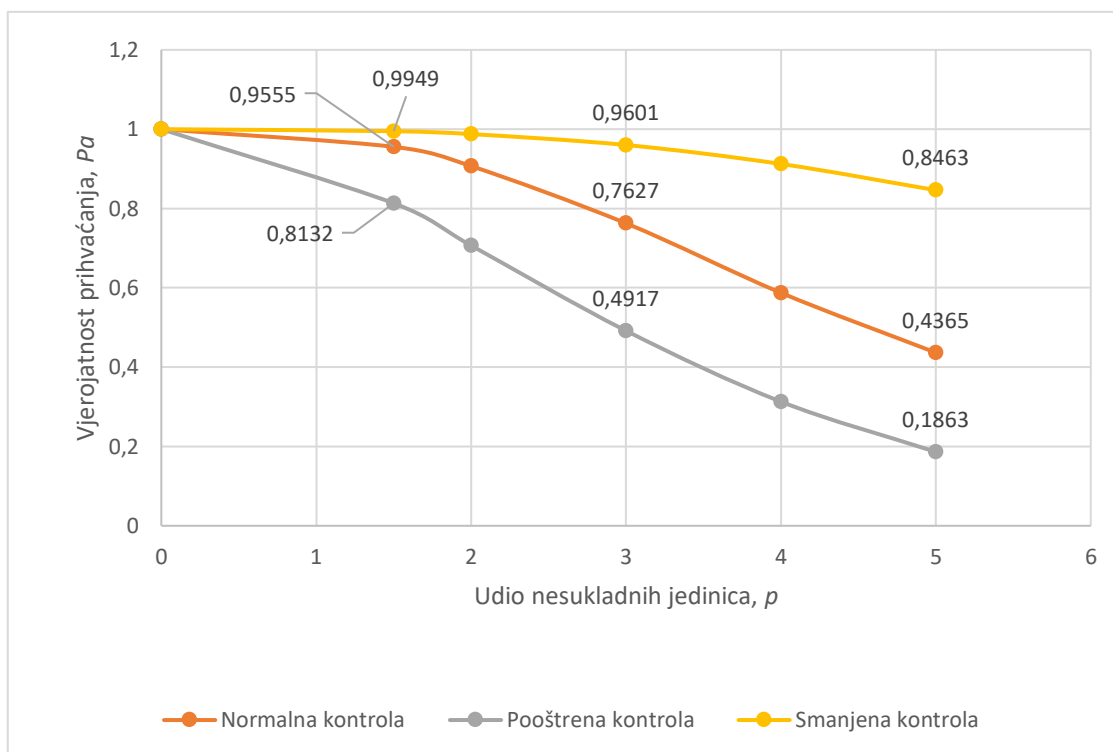
$$P(x_1 = 0) = P(x_2 = 0) = 0,95^{20} = 0,3585$$

$$P(x_1 = 1) = P(x_2 = 1) = \frac{20 - 1 + 1}{1} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x_1 = 0) = 0,3774$$

$$P(x_1 = 2) = P(x_2 = 2) = \frac{20 - 2 + 1}{2} \times \frac{0,05}{0,95} \times P(x_1 = 1) = 0,1887$$

Iz toga slijeda da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$\begin{aligned} Pa &= 0,3585 + 0,3774 \times [0,3585 + 0,3774 + 0,1887] + 0,1887 \times [0,3585 + 0,3774] \\ &= 0,8463 = 84,63 \% \end{aligned}$$



Slika 25. Operativna krivulja za dvostruki plan uzorkovanja

Kao i kod operativnih krivulja za jednostruki plan uzorkovanja, krivulja smanjene kontrole pokazuje najveće vjerojatnosti prihvatanja za svaki udio nesukladnih jedinica, a najmanje vjerojatnosti pokazuje krivulja pooštrene kontrole.

Također, kao i kod plana za jednostruko uzorkovanje, rizik dobavljača se povećava kako i zahtjevi za prihvatanjem serije postaju stroži, vrijednosti su prikazane u tablici 8.

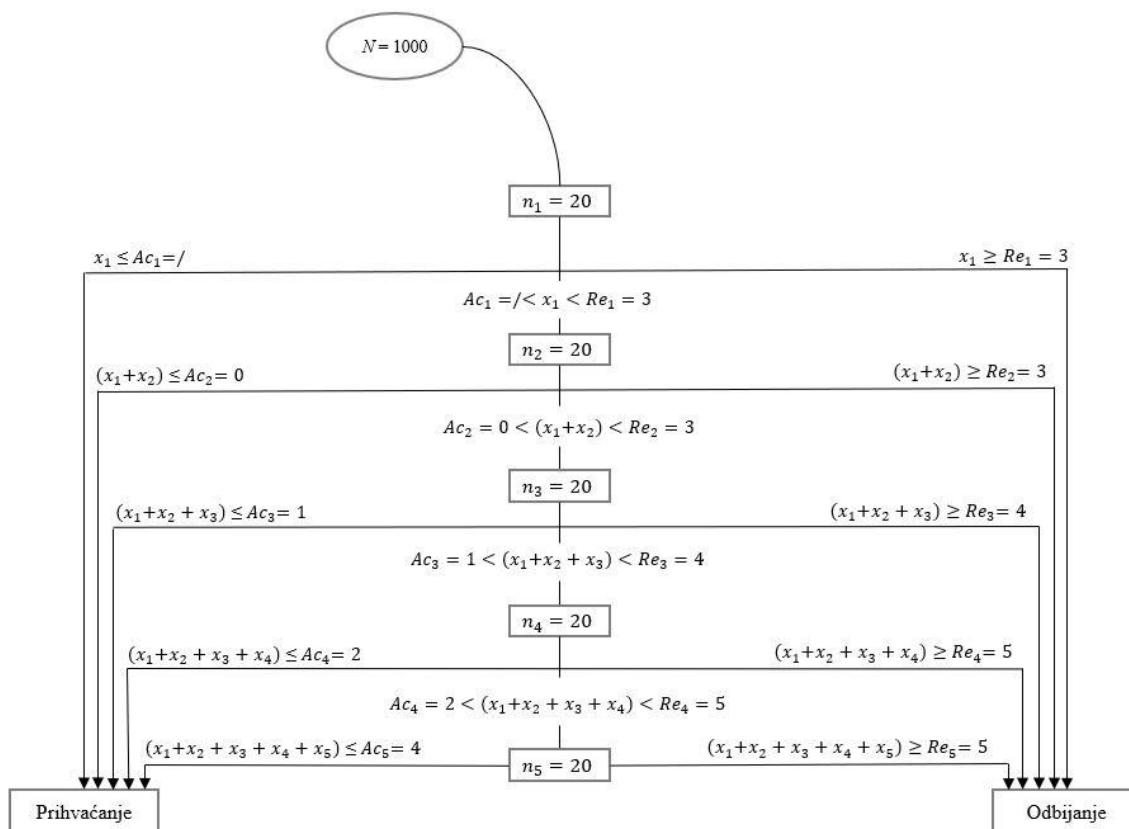
Tablica 8. Rizici dobavljača kod dvostrukog plana uzorkovanja

| Vrsta kontrole | Rizik dobavljača (α -rizik) |
|----------------|-------------------------------------|
| Normalna | 4,45 % |
| Pooštrena | 18,68 % |
| Smanjena | 0,51 % |

4.3. Primjena višestrukog plana uzorkovanja

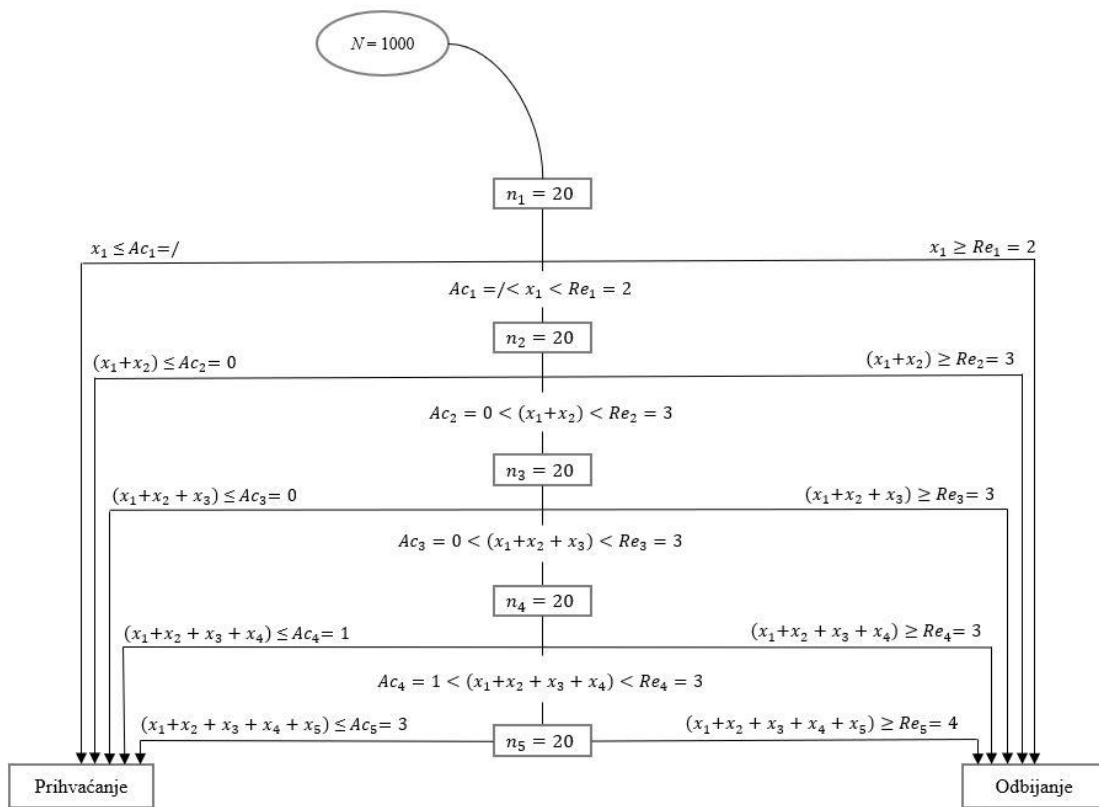
Kao i kod jednostrukog i dvostrukog plana uzorkovanja uzorci su nasumično odabrani pomoću alata u Excel-u, za ovaj plan uzorkovanja ukupno je ispitano 960 uzoraka.

Ulazni podaci također su isti, $N = 1000$ i $AQL = 1,5 \%$, pa tablica 4 opet navodi na kodno slovo J. Prema tablici 16 potrebni su sljedeći podaci: veličine uzoraka $n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = n_5 = 20$, brojevi prihvaćanja $Ac_2 = 0, Ac_3 = 1, Ac_4 = 2$ i $Ac_5 = 4$, za prvu veličinu uzorka prihvaćanje nije dopušteno, $Ac_1 = /$, brojevi odbijanja $Re_1 = Re_2 = 3, Re_3 = 4$ i $Re_4 = Re_5 = 5$. Svi podaci prikazani su shemom uzorkovanja na slici 26.



Slika 26. Shema višestrukog plana uzorkovanja za normalnu kontrolu

Nakon 13. isporuke došlo je do prijelaza na pooštrenu kontrolu te su prema tablici 17 izvučeni sljedeći podaci: veličine uzoraka $n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = n_5 = 20$, brojevi prihvaćanja $Ac_2 = 0, Ac_3 = 0, Ac_4 = 1$ i $Ac_5 = 3$, za prvu veličinu uzorka prihvaćanje opet nije dopušteno, $Ac_1 = /$, brojevi odbijanja $Re_1 = 2, Re_2 = Re_3 = Re_4 = 3$ i $Re_5 = 4$, kako je i prikazano na slici 27.



Slika 27. Shema višestrukog plana uzorkovanja za pooštrenu kontrolu

Nakon provedbe višestrukog plana uzorkovanja dobiveni su sljedeći rezultati prikazani u tablici 9.

Tablica 9. Rezultati provedbe višestrukog plana uzorkovanja

| Broj isporuke | Broj nesukladnih jedinica | | | | | Veličina ispitnog uzorka u isporuci, n | Prihvaćeno/ Odbijeno |
|---------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|--|-------------------------|
| | $X = 0$ | $X = 1$ | $X = 2$ | $X = 3$ | $X = 4$ | | |
| 1. | | * | | | | 60 | P |
| 2. | * | | | | | 40 | P |
| 3. | * | | | | | 40 | P |
| 4. | | * | | | | 60 | P |
| 5. | * | | | | | 40 | P |
| 6. | * | | | | | 40 | P |
| 7. | | | | | * | 60 | O |
| 8. | * | | | | | 40 | P |
| 9. | | | | * | | 100 | P |
| 10. | | | | * | | 40 | O |
| 11. | * | | | | | 60 | P |
| 12. | | | | * | | 40 | O |

| | | | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|
| 13. | | | | * | | 40 | O |
| 14. | | | * | | | 20 | O |
| 15. | * | | | | | 40 | P |
| 16. | * | | | | | 40 | P |
| 17. | | | | * | | 80 | O |
| 18. | * | | | | | 40 | P |
| 19. | * | | | | | 40 | P |
| 20. | * | | | | | 40 | P |
| Σ | 11 | 2 | 1 | 5 | 1 | 960 | |

Provedbom višestrukog plana uzorkovanja 14 isporuka imalo je broj pronađenih nesukladnih jedinica manji ili jednak broju prihvaćanja, a 8 isporuka je imalo jednak ili veći od broja odbijanja. Usporedbom tablica 3 i 9 prihvaćeno je 6 isporuka više, to jest odbijeno ih je 6 manje. Prema dobivenim rezultatima 4., 5., 6., 15., 16., 18. i 20. isporuka trebala je biti odbijena jer im je udio nesukladnih jedinica p veći od AQL -a, a 17. isporuka trebala je biti prihvaćena jer sadrži udio nesukladnih jedinica od 1,4 %.

4.4. Analiza rezultata

Uspoređujući dobivene rezultate može se doći do zaključka da je za ovaj primjer najtočnije rezultate dao jednostruki plan uzorkovanja. Nakon njegove provedbe prihvaćeno je 11 isporuka, nakon provedbe dvostrukog 12, a višestrukog 14, a prema tablici 3 trebalo bi biti prihvaćeno 8 isporuka, dakle, jednostruki plan uzorkovanja najbliži je podatku iz tablice 3. Također, jednostruki plan uzorkovanja ima najmanje isporuka koje su prihvaćene, a trebale su biti odbijene, odnosno odbijene su, a trebale su biti prihvaćene. Promatrajući veličine ispitanih uzoraka u isporukama po planovima rezultati su sljedeći: za jednostruki plan uzorkovanja ispitano je ukupno 1600 uzoraka, za dvostruki plan uzorkovanja 1350 uzoraka te za višestruki 960 uzoraka, odnosno najviše troškove imala bi provedba jednostrukog plana uzorkovanja. U sva tri slučaja najviše ispašta kupac jer je provedbom sva tri plana uzorkovanja bio veći broj isporuka koje su prihvaćene, a trebale su biti odbijene te je tako kupac dobio serije znatno lošije kvalitete od zahtijevane razine kvalitete.

5. ZAKLJUČAK

Kontrolom kvalitete osiguravaju se kvalitetni proizvodi. Kvalitetni proizvodi cilj su svakog poduzeća te je zato važan način na koji će se ti proizvodi ispitati, odnosno kontrolirati. Jedan od načina ispitivanja proizvoda je metoda uzorkovanja. Uzorkovanjem se ispituju pojedini elementi serije koji predstavljaju karakteristike cijele serije te zbog toga uzorak mora biti reprezentativan. Provedbom jednostrukog, dvostrukog i višestrukog plan uzorkovanja u ovom radu uzorak se odabirao slučajno te je tako svaki element imao jednaku šansu da bude odabran. Svaka vrsta plana uzorkovanja ima prednosti i nedostatke. Jednostruki plan uzorkovanja je najjednostavniji za primjenu, ali uglavnom ispituje najveći broj uzorka pa je trošak kontrole za ovu vrstu plana često najviši. Dvostruki plan uzorkovanja ima psihološku prednost jer daje drugu priliku te se uglavnom ispituje manji broj uzorka, no složeniji je pa može doći do pogrešaka pri kontroli. Najveća prednost višestrukog plana uzorkovanja je što su uzorci u svakoj fazi obično manji nego kod jednostrukog ili dvostrukog uzorkovanja pa su i troškovi manji, no ova vrsta plana puno je složenija za provedbu. Primjenom planova uzorkovanja na odabranom primjeru uočeno je kako je dosta isporuka, koje su prema prihvatljivoj razini kvalitete trebale biti odbijene, bile prihvaćene. Također, u prethodnom poglavlju pokazano je da je važan odabir vrste plana uzorkovanja, kao i vrste kontrole. Smanjena kontrola pokazala je najveću vjerojatnost prihvaćanja i kod jednostrukog i dvostrukog plana uzorkovanja. Za smanjenu kontrolu ispituje se manja veličina uzorka pa je samim time i manja vjerojatnost za pronalaženjem nesukladnih jedinica, odnosno veće su šanse za prihvaćanjem isporuke u odnosu na normalnu i pooštrenu kontrolu koje ispituju veći broj uzoraka.

Unatoč prednostima i nedostacima, planovi uzorkovanja široko se primjenjuju u praksi, oni postoje kako bi zaštitili kupce, točnije kako bi ih zaštitili od primanja neispravnih isporuka.

LITERATURA

- [1] Montgomery, D.C.: Introduction to Statistical Quality Control (6th Edition), John Wiley & Sons, New York, 2009.
- [2] Kondić V., Bojanić B., Kondić Ž.: Izbor optimalne varijante kontrole kvalitete rezultata procesa, Technical journal 9, 2(2015), 153-158, <https://hrcak.srce.hr/file/207517>.
- [3] Baršić G.: Predavanja iz kolegija Kontrola kvalitete PI, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2022.
- [4] Feifenbaum A.V.: Total Quality Control, McGraw- Hill Book Company, London, 1961.
- [5] David V., Bolšec K., Šafarić M.: Metoda uzorka i norma HRN ISO 2859-1, Technical journal 8, 3(2014), 214-221, <https://hrcak.srce.hr/file/191141>.
- [6] Siegel A.F., Wagner M.R.: Practical Business Statistics (8th Edition), Elsevier Science Publishing Co Inc, 2022
- [7] <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vectors/sampling-vectors>, Pristupljeno: 27. kolovoza 2022.
- [8] Cassel C.M., Lyberg L.: International Encyclopedia of the Social & Behavioral Science, 2001.
- [9] Bojanić M.: Primjena statističkih metoda u istraživanju odlaganja, čuvanja i zaštite dokumentacije, Zbornik radova, 1991.
- [10] <https://www.simplypsychology.org/cluster-sampling.html>, Pristupljeno: 27. kolovoza 2022.
- [11] ISO 2859-1: 1999, *Sampling procedures for inspection by attributes — Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*
- [12] Schilling E.G., Neubauer D.V.: Acceptance Sampling in Quality Control (3rd Edition), New York, 2017.
- [13] <http://www.ombuenterprises.com/library>, Pristupljeno: 2. rujna 2022.
- [14] https://www.researchgate.net/figure/OC-curve-showing-AQL-1-and-LQL_fig1_327008527, Pristupljeno: 3. rujna 2022.
- [15] <https://slidetodoc.com/acceptance-sampling-plans-supplement-i-aql-2007-pearson-3/>, Pristupljeno: 6. rujna 2022.
- [16] Excel

PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. ISO 2859.1:tablice [11]

Tablica 10. 2-A - Jednostruki plan uzorkovanja za normalnu kontrolu

| Sample size code letter | Sample size | Acceptance quality limit, AQL, in percent nonconforming items and nonconformities per 100 items (normal inspection) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | | 0,010 | 0,015 | 0,025 | 0,040 | 0,065 | 0,10 | 0,15 | 0,25 | 0,40 | 0,65 | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 4,0 | 6,5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1 000 | | |
| | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | |
| A | 2 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| B | 3 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| C | 5 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| D | 8 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| E | 13 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| F | 20 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| G | 32 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| H | 50 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| J | 80 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| K | 125 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| L | 200 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| M | 315 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| N | 500 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| P | 800 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| Q | 1 250 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| R | 2 000 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |

Tablica 11. 2-B - Jednostruki plan uzorkovanja za pooštrenu kontrolu

| Sample size code letter | Sample size | Acceptance quality limit, AQL, in percent nonconforming items and nonconformities per 100 items (tightened inspection) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | | 0,010 | 0,015 | 0,025 | 0,040 | 0,065 | 0,10 | 0,15 | 0,25 | 0,40 | 0,65 | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 4,0 | 6,5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1 000 | | |
| | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | |
| A | 2 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| B | 3 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| C | 5 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| D | 8 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| E | 13 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| F | 20 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| G | 32 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| H | 50 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| J | 80 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| K | 125 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| L | 200 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| M | 315 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| N | 500 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| P | 800 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| Q | 1 250 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| R | 2 000 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |
| S | 3 150 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | |

Tablica 12. 2-C - Jednostruki plan uzorkovanja za smanjenu kontrolu

| Sample size code letter | Sample size | Acceptance quality limit, AQL, in percent nonconforming items and nonconformities per 100 items (reduced inspection) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0,010 | 0,015 | 0,025 | 0,040 | 0,065 | 0,10 | 0,15 | 0,25 | 0,40 | 0,65 | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 4,0 | 6,5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1 000 |
| | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re |
| A | 2 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| B | 2 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| C | 2 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| D | 3 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| E | 5 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| F | 8 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| G | 13 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| H | 20 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| J | 32 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| K | 50 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| L | 80 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| M | 125 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| N | 200 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| P | 315 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| Q | 500 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| R | 800 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |

Tablica 13. 3-A - Dvostruki plan uzorkovanja za normalnu kontrolu

| Sample size code letter | Sample | Sample size | Curri-lative sample size | Acceptance quality limit, AQL, in percent nonconforming items and nonconformities per 100 items (normal inspection) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------|-------------|--------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 0,010 | 0,015 | 0,025 | 0,040 | 0,065 | 0,10 | 0,15 | 0,25 | 0,40 | 0,65 | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 4,0 | 6,5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1 000 |
| | | | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re |
| A | | | | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| B | First Second | 2 2 | 2 4 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| C | First Second | 3 3 | 3 6 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| D | First Second | 5 5 | 5 10 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| E | First Second | 8 8 | 8 16 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| F | First Second | 13 13 | 13 26 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| G | First Second | 20 20 | 20 40 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| H | First Second | 32 32 | 32 64 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| J | First Second | 50 50 | 50 100 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| K | First Second | 80 80 | 80 160 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| L | First Second | 125 125 | 125 250 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| M | First Second | 200 200 | 200 400 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| N | First Second | 315 315 | 315 630 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| P | First Second | 500 500 | 500 1 000 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| Q | First Second | 800 800 | 800 1 600 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |
| R | First Second | 1 250 1 250 | 1 250 2 500 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | |

Tablica 14. 3-B - Dvostruki plan uzorkovanja za pooštrenu kontrolu

| Sample size code letter | Sample | Sample size | Cumulative sample size | Acceptance quality limit, AQL, in percent nonconforming items and nonconformities per 100 items (tightened inspection) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|----------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 0,010 | 0,015 | 0,025 | 0,040 | 0,065 | 0,10 | 0,15 | 0,25 | 0,40 | 0,65 | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 4,0 | 6,5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1 000 | | |
| | | | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re |
| A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | First Second | 2 2 | 2 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | First Second | 3 3 | 3 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | First Second | 5 5 | 5 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | First Second | 8 8 | 8 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | First Second | 13 13 | 13 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | First Second | 20 20 | 20 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | First Second | 32 32 | 32 64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | First Second | 50 50 | 50 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | First Second | 80 80 | 80 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | First Second | 125 125 | 125 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | First Second | 200 200 | 200 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | First Second | 315 315 | 315 630 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P | First Second | 500 500 | 500 1 000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q | First Second | 800 800 | 800 1 600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | First Second | 1 250 1 250 | 1 250 2 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S | First Second | 2 000 2 000 | 2 000 4 000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tablica 15. 3-C - Dvostruki plan uzorkovanja za smanjenu kontrolu

| Sample size code letter | Sample | Sample size | Cumulative sample size | Acceptance quality limit, AQL, in percent nonconforming items and nonconformities per 100 items (reduced inspection) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 0,010 | 0,015 | 0,025 | 0,040 | 0,065 | 0,10 | 0,15 | 0,25 | 0,40 | 0,65 | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 4,0 | 6,5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 65 | 100 | 150 | 250 | 400 | 650 | 1 000 | | |
| | | | | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re | Ac Re |
| A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | First Second | 2 2 | 2 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | First Second | 3 3 | 3 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | First Second | 5 5 | 5 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | First Second | 8 8 | 8 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | First Second | 13 13 | 13 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | First Second | 20 20 | 20 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | First Second | 32 32 | 32 64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | First Second | 50 50 | 50 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | First Second | 80 80 | 80 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | First Second | 125 125 | 125 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P | First Second | 200 200 | 200 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q | First Second | 315 315 | 315 630 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | First Second | 500 500 | 500 1 000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

