

# Procjena vidljivosti na mjestu rukovatelja traktora prema vrijedećim ISO normama

---

**Bojanović, Marko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:579550>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-28**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Bojanović

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Procjena vidljivosti na mjestu rukovatelja traktora prema  
vrijedećim ISO normama**

Završni rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Bojanović

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Procjena vidljivosti na mjestu rukovatelja traktora prema  
vrijedećim ISO normama**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Željko Barač, mag. ing. agr., mentor
2. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, član
3. Dorijan Radočaj, mag. ing. geod. et geoinf., član

Osijek, 2019.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku  
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Mehanizacija  
Marko Bojanović

Završni rad

### **Procjena vidljivosti na mjestu rukovatelja traktora prema vrijedećim ISO normama**

#### **Sažetak:**

U radu su prikazani rezultati mjerenja vidljivosti koji djeluju na rukovatelja traktora. Cilj ovog rada bio je utvrditi vidno polje u kabini istraživanog traktora prema normama te dati eventualne smjernice za poboljšanje u vidu smanjenja mrtvog kuta s mjesta rukovatelja. Mjerenja su obavljena na traktoru Class Arion 420. Mjerenja su obavljena u skladu s normama ISO 5721-1 (2013.), ISO 5721-2, (2014.) i ISO 5006 (2017.). Za potrebe ovog rada korišten je bespilotni zrakoplov marke Phantom 4 pro V2.0 koji je opremljen kamerom pomoću kojega smo kružnim snimanjem fotografija odredili vidljivost rukovatelja iz kabine traktora. Za obradu slika nakon mjerenja korišten je program *Agisoft Metashape version 1.5.2* kojim se dobio gusti oblak točaka te se ta daljnja slika obrađivala u programu *Cloud Compare version 2.10.2*. Time zaključujemo kako je vidljivost ovoga traktora s položaja rukovatelja jako velika te pretpostavka je kako neće biti negativnog utjecaja na istog pri radu s istraživanim traktorom.

**Ključne riječi:** vidljivost, vidno polje, traktor, bespilotni zrakoplov, mrtvi kutevi

25 stranica, 4 tablica, 0 grafikona, 15 slika, 27 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek  
Undergraduate university study Agriculture, course: Mechanization  
Marko Bojanović

BSc Thesis

### **Assessment of the visibility from the position of the tractor operator by the applicable ISO standards**

#### **Summary:**

This paper presents the results of visibility measurements that affect the operator of the tractor. The aim of this paper was to determine the field of vision in the cab of the researched tractor according to the standards and to provide possible directions for improvement in the form of reduction of dead angles from the position of the operator. The measurements were performed on tractor Arion 420. The measurements were made in accordance with ISO 5721-1 (2013.), ISO 5721-2, (2014.) and ISO 5006 (2017.). For the purpose of this work, an unmanned aircraft Phantom 4 pro V2.0 was used, equipped with camera, which made it possible to circularly capture photos to determine operator visibility from the tractor's cab. *Agisoft Metashape version 1.5.2* was used to process the images after the measurement, where it received a dense point cloud and then further processed the image in *Cloud Compare version 2.10.2*. With that we can conclude that the visibility of this tractor from the operator's position is very high and the assumption is that there will be no negative impact in work with this researched tractor.

**Keywords:** visibility, field of vision, tractor, unmanned aircraft, dead angles

25 pages, 4 tables, 0 figures, 15 pictures, 27 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of agrobiotechnical sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of agrobiotechnical sciences in Osijek

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. MATERIJALI I METODE .....	7
3. REZULTATI I RASPRAVA .....	15
4. ZAKLJUČAK .....	22
5. POPIS LITERATURE .....	23

# 1. UVOD

Ergonomija je znanstvena disciplina (znanost o radu) kojoj je zadatak da istražuje ljudski organizam i ponašanje, te pruža podatke o prilagođenošću predmeta s kojima čovjek dolazi u kontakt. Dakle, ergonomija proučava anatomske, fiziološke i druge parametre ljudskog tijela. To nije neovisna znanost nego se koristi podacima svih disciplina koje se bave čovjekom (medicinom, psihologijom, matematikom, optikom, akustikom, itd.). Ergonomija omogućava da se kvalitetno radi, poveća proizvodnja, smanji broj profesionalnih oboljenja i da se poveća efikasnost i sigurnost uporabe predmeta. Ergonomija mora biti najčvršće povezana s konstrukcijom i tehničkim projektiranjem proizvoda (s jedne strane) i dizajniranjem (s druge strane). Dizajn ne može mijenjati čovjeka, ali putem ergonomije saznaje o čimbenicima koji su čovjeku potrebni. Upravo ergonomija omogućava dizajneru da prilagođava ili promijeni predmet u najprikladnijoj kombinaciji za čovjeka. Idealna situacija kaže da bi dizajn nekog uređaja trebao početi od čovjeka, ali najčešće se događa suprotno. Zato je važno uočiti da je dizajn oblikovan za ljude na osnovu podataka o konačnom korisniku. Ergonomija kao znanost daje principe dimenzija za oblikovanje predmeta s koji korisnik dolazi u doticaj (Wikipedia: Ergonomija. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Ergonomija> (15.7.2019.)).

Rukovatelji poljoprivrednih i šumarskih strojeva i/ili opremu za radove za zemljani rad upravljaju pokretnim strojnim komponentama kao što su prednji adapteri za upravljanje teretom sa pričvršćenim ili montiranim uređajima - često u okolišu s prirodnim ili umjetnim preprekama koje zahtijevaju dobru orijentaciju. U takvim uvjetima, kvaliteta vida iz kabine takvih strojeva utječe ne samo na učinkovitost rada rukovatelja nego i na sigurnost njihova rada. Slab vid rukovatelja iz upravljanoj stroja uzrokovana neprikladnim dizajnom kabine na pokretnoj komponenti može dovesti do oštećenja imovine ili industrijskih nesreća. Istraživanje koje je proveo *Caisse Nationale d'Assurance Maladie* (Francuski nacionalni fond za osiguranje) na zemljanim pokretnim strojevima pokazalo je da trećina ozbiljnih i kobnih nesreća uzrokovana je nedostatkom vidljivosti iz kabine (Hella i sur., 1991.).

Vidljivost se može definirati kao stupanj jasnoće koji objekti u vidnom polju mogu biti opaženi ili područje gledano iz položaja oka rukovatelja (Lund i Butters, 2011.).

Slijepa točka, ili zona nevidljivosti, to je izobličenje ili odsutnost vida, a dio vidnog polja. Ove mrtve točke na vozilu općenito će biti lijevo i desno od vozila, gdje unutarnja ili vanjska ogledala ne pokrivaju ili gdje periferni vid završava (Whitelaw, 2012.).

Polje rukovatelja može se maskirati zbog strukturnih komponenti kao što su krovni stupovi, usisnici zraka ili ispušne cijevi, okvir od vjetrobrana ili zaštitne rešetke kabine. Loše vidno polje može povećati zdravstvene rizike za operatera i opasnost radniku u okolini stroja operacije (Barron i sur., 2005.).

Prema tumačenju standarda ISO 5721-1 (2013.), vidno polje je "područje koje je vidljivo sa položaja sjedenja rukovatelja". Možemo razlikovati izravno vidno polje (dano izravnom vidljivošću) i neizravno vidno polje (uz pomoć ogledala ili drugih vizualnih pomagala). Određivanje vidnog polja rukovatelja vrši se prema važećem zakonodavstvu o odobrenju za vrste odabranih kategorija vozila. Što se tiče vidnog polja i brisača prednjeg stakla, traktori na kotačima i gusjenicama moraju udovoljavati zahtjevima standarda ISO 5721-1; 2013.

Što se tiče vidnog polja i brisača prednjeg stakla, traktori na kotačima i gusjenicama moraju udovoljavati zahtjevima standarda ISO 5721-1; 2013. Poljoprivredni traktori - zahtjevi, ispitivanje Poljoprivredni traktori - zahtjevi, postupci ispitivanja i kriteriji prihvaćanja vidnog polja rukovatelja - Dio 1: Područje vidnog polja sa prednje strane (ISO 5721-1, 2013.; ISO 5721-2, 2014.).

Poljoprivredni traktori - zahtjevi, postupci ispitivanja i kriteriji prihvaćanja vidnog polja rukovatelja - Dio 2: Vidno polje sa strane i straga (ISO 5721-2, 2014.).

Navedeni standardi u skladu su s Komisijskom Uredbom (EU) 2015./208 od 8. prosinca 2014. (Commission Delegated Regulation 2014.) koji dopunjuju Uredbu (EU) br. 167/2013. Europskog parlamenta i Vijeća s obzirom na funkcionalne sigurnosne zahtjeve vozila za odobrenje poljoprivrednih i šumarskih vozila i nadzor nad tržištem s tim vozilima (<http://data.europa.eu/eli/reg/2013/167/oj> (15.7.2019.)).

Vidno polje rukovatelja kombajna i špeditera se obično određuje u skladu s gore navedenim standardima. Zahtjevi za područje vidnog polja rukovatelja na traktorima sa kotačima i gusjenicama propisano je Direktivom Europskom parlamentu i Vijeću broj: 2008./2/ EZ od 15. siječnja 2008. godine na području; vidnog polja i brisača vjetrobranskih

stakala za traktore sa kotačima za poljoprivredu i šumarstvo (<http://data.europa.eu/eli/dir/2008/2/oj>[http://data.europa.eu/eli/reg\\_del/2015/208/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_del/2015/208/oj) (15.7.2019.)).

Zahtjevi za vidno polje rukovatelja strojeva za zemljane radove definira se u standardu ISO 5006 (2017.) strojevi za rad na zemlji - vidno polje rukovatelja - Metoda ispitivanja i kriteriji izvedbe (ISO 5006, 2017.).

Vozila kategorije M1 (kategorije određene Direktivom Europskog parlamenta i Vijeća br. 2007./46 / EC) (Directive 2007./46/EC 2007.) imaju vidno polje rukovatelja prema naprijed koje određuje drugačiji postupak, vizualno određivanje dimenzijskih odnosa između točaka u 3D referentnoj mreži prema Uredbi br. 125 Ekonomske komisije za Europu Ujedinjenih naroda (UN / ECE) - Jedinствене одређе koje se оdnose na odobrenje motornih vozila s obzirom na vidno polje pogledom prema naprijed kod rukovatelja motornih vozila ([http://data.europa.eu/eli/reg/2010/125\(2\)/oj](http://data.europa.eu/eli/reg/2010/125(2)/oj) (15.7.2019.))

Vidno polje rukovatelja najčešće se određuje praktičnim metodama uglavnom na stroju na terenu. Rasprostranjena praktična metoda je korištenje jednog ili dva izvora svjetlosti koji su postavljeni na unaprijed definiranu poziciju u odnosu na referentnu točku kabinskog sjedala. Kasnije, nastaje sjenčana slika (najdublja sjena), koja slojeve projicira na polukružni pogled prema naprijed (segmenti obstružne sfere sjene). Ako se koristi jedan izvor svjetlosti, mora se postaviti postupno u oba položaja simetrično u odnosu na referentnu točku sjedala. Metodološki postupak za poljoprivredne traktore dan je u normi ISO 5721-1 (2013.).

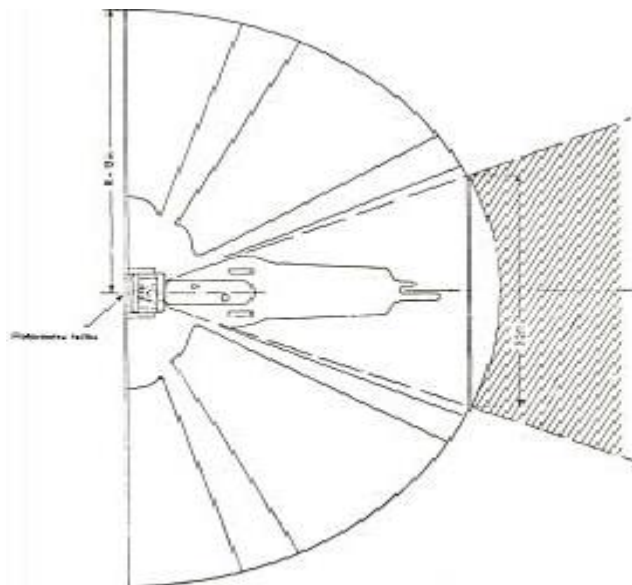
Opstrukcija vida može se ručno zabilježiti kredom na horizontalnu površinu s određenom kvadratnom rešetkom; također se mogu koristiti: geodetski aparati, fotoaparati ili kamere. Za snimanje praktično određenog sjenčanja, Barron i sur. (2005.) koristili su mrežu senzora raspoređenih u polukružni pregled, koji je zabilježio intenzitet incidenta svjetlosti. Tako su autori točno definirali često subjektivno određivanje granice nijanse najdublje sjene slika. Hella i sur. (1991.) uspoređivali su metodom korištenja svjetlosnih točkastih izvora pomoću fotografske metode određivanja polukružnog vidnog polja rukovatelja. Iz svojih proučavanja, idu u prilog za cijelu analizu polukružnog pregleda zbog svoje veće informativne vrijednosti.

Prema Zamaneku i sur. (2017.) metoda terestričkog laserskog skeniranja jedna je od praktičnih postupaka za određivanje vidnog polja rukovatelja. Princip TLS temelji se na



optičkim zakonima prostora prodiranja svjetlosnih zraka, njihova neprohodnost kroz neprozirne prepreke u prostoru i sastoji se od prijenosa velikog broja laserskih impulsa u različitim smjerovima (slika 1.). Ovi impulsi su zarobljeni u čvrste zapreke pogleda rukovatelja, a slobodno prolaze kroz unutarnju i vanjsku stranu kabine na mjestima gdje pregled rukovatelja nije ometan. Stoga stvara u ravnini stacionarnu strojnu sliku vidnog polja. Najprikladnije mjerenje je mobilni 3D skener sa zakretnim postoljem, koje je postavljeno u kabini u dvije standardno definirane pozicije koje su paralelne u odnosu na referentnu točku sjedala.

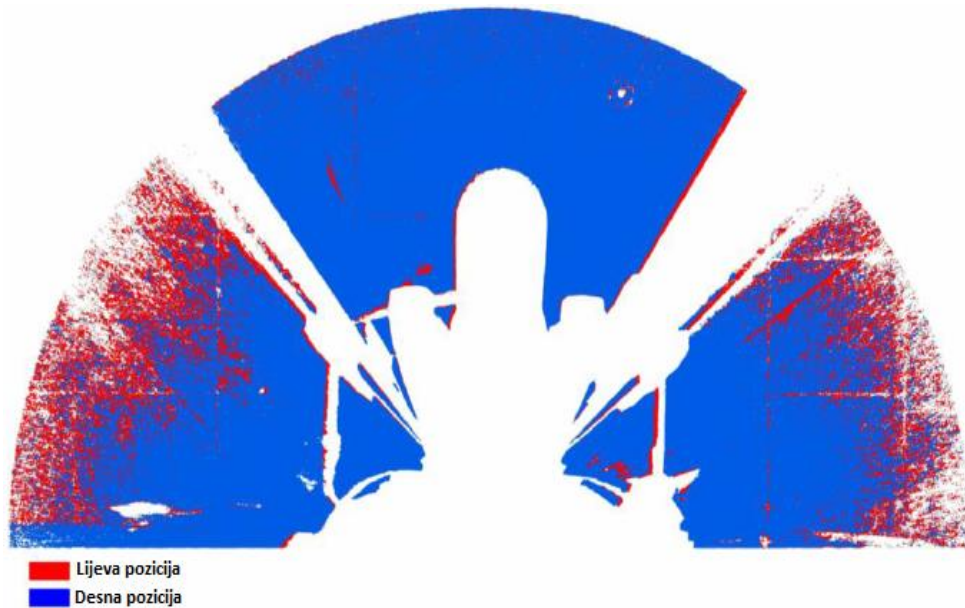
Druga praktična metoda koristi dva lasera s paralelnim gredama smještenom u definiran standardni položaj u odnosu na referentnu točku sjedala. Laserske zrake automatski privlače krug polumjera od 12 m, a pomak laserskog kuta od osnovnog položaja zabilježi se kada se zrake sudaraju s konstrukcijskim elementima kabine. Položaj i duljina odsječka posjenčanog akorda na kružnoj liniji se zatim određuje na temelju tih vrijednosti. Ovu metodu koristi Vladin Laboratorij za testiranje strojeva (<http://www.statnizkusebna.cz/> (15.7.2019.)).



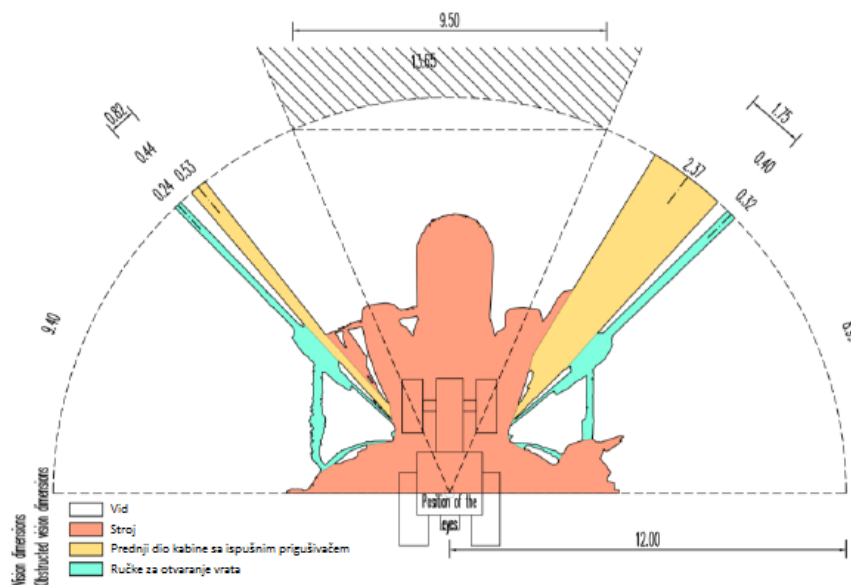
Slika 1. Prikaz vidnog polja sa položaja sjedišta rukovatelja traktora (Izvor: <http://zakon.poslovna.hr> (15.7.2019.))

Zamanek i sur. (2017.) su preko TLS metode mjerili vidno polje rukovatelja u traktoru te stvorili oblak točaka napravljen spajanjem dva skena (sa položaja lijevog i desnog oka rukovatelja) i pretvoren je u oblik poligonskog vektora koji je prikazan na slici 2., te su na slici 3. prikazali izlaznu analizu u CAD softveru koja je tlocrt poljoprivrednog traktora s

određenim polukružnim sektorom i sektorom vida prema prednjem dijelu koji je nastao kao vanjsko širenje sektora polukružnog vida s akordom duljine 9,50 m.



Slika 2. Spojeni oblaci točaka s lijeve i desne strane skenera koji se pretvaraju u poligone (Izvor: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (15.7.2019.))



Slika 3. Polukružno vidno polje rukovatelja prema prednjem dijelu poljoprivrednog traktora određena TLS metodom (Izvor: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (15.7.2019.))

Jedan od osnovnih teorijskih postupaka je matematičko određivanje sjenčanja binokularnog pogleda. Metoda je detaljno opisana u standardima ISO 5721-1 (ISO 5721-1:2013.) i ISO 5006 (ISO 5006:2017.).

Ryan i sur. (2005.) analizirali su vidno polje rukovatelja tijekom rada s hidrauličkom dizalicom koristeći figure virtualnih modela čovjeka različitih visina. Choi i sur. (2009.) uspoređivali su vidno polje rukovatelja određeno korištenjem digitalnih modela ljudskih tijela s metodom izvora svjetlosnog toka i sa pojedinačnim testovima vidljivosti od šest pomoćnika. Gilad i Byran (2015.) ocjenjuju vidno polje rukovatelja u tri modela traktora koristeći inovativnu metodu virtualnog modela ljudskog tijela.

Cilj ovog rada bio je utvrditi vidno polje u kabini istraživanih traktora prema normama te dati eventualne smjernice za poboljšanje u vidu smanjenja mrtvog kuta s mjesta rukovatelja.

## 2. MATERIJALI I METODE

Mjerenja su provedena 2019. godine na jednom traktoru. Mjerenja su obavljena u polju, na traktoru ClassArion 420 (Slika 4.). U tablici 1. prikazani su tehnički podaci traktora ClassArion 420. Mjerenje je obavljeno bespilotnim zrakoplovom (dron) marke Phantom 4 pro V2.0 (Slika 5.) koji je opremljen 20 megapixelnom kamerom (Slika 6.) te je njom snimljeno 260 slika sa visine 2m i 3m. U tablici 2. prikazani su tehnički podaci bespilotnog zrakoplova marke Phantom 4 pro V2.0, a u tablici 3. prikazani su tehnički podaci kamere bespilotnog zrakoplova.



Slika 4. Traktor ClassArion 420 (Izvor: <https://www.traktorpool.com.hr> (15.7.2019.))

Tablica 1. Tehnički podaci traktora ClaasArion 420 (Izvor: <http://www.tractordata.com> (10.7.2019.))

Snaga motora (kW/KS)	74.6/100
Maksimalna snaga motora (kW/KS)	78.3/105
Broj okretaja priključnog vratila (o/min)	540/1000
Maksimalni okretni moment (Nm)	465.1
Broj cilindara/zapremina (Br/cm <sup>3</sup> )	4
Brzine naprijed/nazad	16/16
Volumen spremnika goriva (l)	174.9
Masa traktora (kg)	4900
Dužina (cm)	444
Visina (cm)	274
Pneumatici; prednji/ zadnji	340/85 R 24 420/85 R 34



Slika 5. Bespilotni zrakoplov marke Phantom 4 pro V2.0 (Izvor: <https://xchip.ru> (15.7.2019))

Tablica 2. Tehnički podaci bespilotnog zrakoplova marke Phantom 4 pro V2.0 (Izvor:

<https://www.dji.com/hr> (10.7.2019.))

Težina (uključena baterija i propeleri) [g]	1375
Dijagonalna veličina (bez propelera) [mm]	350
Maksimalna brzina uspona [m/s]	S - način rada: 6 P - način rada: 5
Maksimalna brzina spuštanja [m/s]	S - način rada: 4 P - način rada: 3
Najveća brzina [km/h]	S - način rada: 72 A - način rada: 58 P- način: 50
Maksimalni kut nagiba	S-način rada: 42° A-način rada: 35° P-način rada: 25°
Maksimalna kutna brzina [°/s]	S način rada: 250 A-način rada: 150
Maksimalna visina leta [m]	6000
Maksimalna otpornost na brzinu vjetra [m/s]	10
Maksimalno vrijeme leta [min]	30
Raspon radne temperature [°C]	0 - 40
Satelitsko pozicioniranje	GPS / GLONASS
Lebdeći raspon preciznosti	Vertikalno: ± 0,1 m (s Vision pozicioniranjem) ± 0,5 m (s GPS pozicioniranjem) Vodoravno: ± 0,3 m (s Vision pozicioniranjem) ± 1,5 m (sa GPS pozicioniranjem)



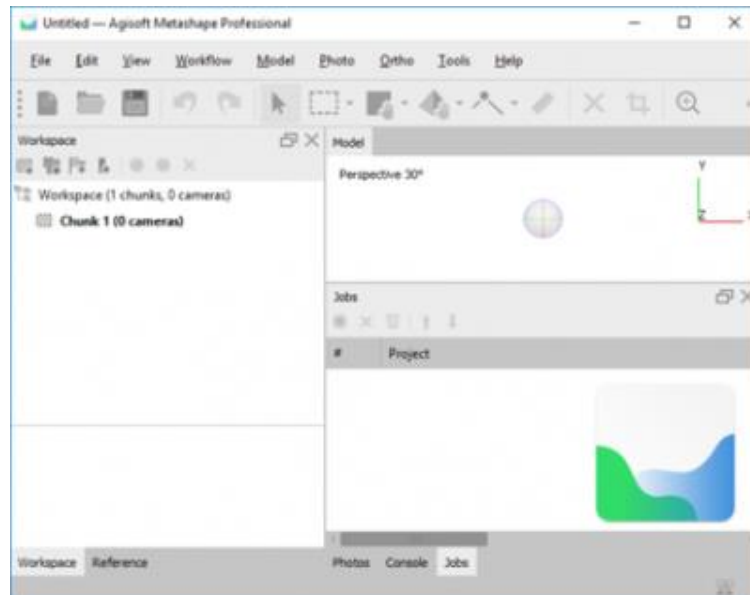
Slika 6. Kamera bespilotnog zrakoplova (Izvor: <http://www.interconnective.co.uk> (15.7.2019.))

Tablica 3. Tehnički podaci kamere bespilotnog zrakoplova (Izvor: <https://www.dji.com/hr> (10.7.2019.))

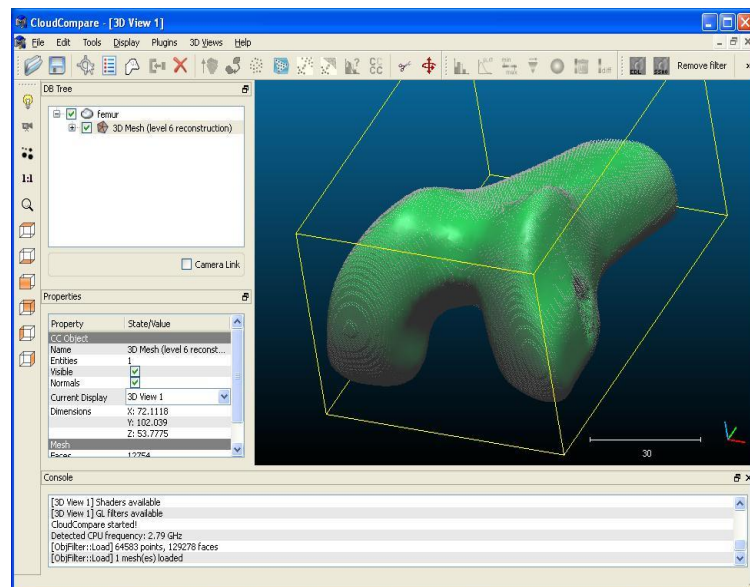
Senzor	1" CMOS Efektivni pikseli: 20MP
Objektiv	FOV 84° 8,8mm/24 mm (ekvivalenti format 35 mm) f/2,8 - f/11 automatsko fokusiranje na 1m - $\infty$
Podržani sustavi za datoteke	FAT32 ( $\leq 32$ GB); exFAT ( $> 32$ GB)
Fotografija	JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
Video	MP4 / MOV (AVC / H.264; HEVC / H.265)
Podržane SD kartice	Micro SD Maksimalni kapacitet: 128GB Brzina pisanja $\geq 15$ MB / s, potrebna je klasa 10 ili UHS-1
Raspon radne temperature [°C]	0 - 40

Mjerenja su obavljena u skladu s normama ISO 5721-1 (2013.), ISO 5721-2, (2014.) i ISO 5006 (2017.). Za potrebe ovog rada nije korišten TLS (terestričko laserko snimanje) sustav nego bespilotni zrakoplov pomoću kojega smo kružnim snimanjem fotografija odredili vidljivost rukovatelja iz kabine traktora (ISO 5721 - 1. 2013.; ISO 5721 - 2., 2014.; ISO 5006, 2017.).

Za obradu slika nakon mjerenja korišten je program *Agisoft Metashape version 1.5.2* (slika 7.) kojom se dobio gusti oblak točaka te se ta daljnja slika obrađivala u programu *Cloud Compare version 2.10.2* (slika 8.).



Slika 7. Program *Agisoft Metashape version 1.5.2* (Izvor: <http://www.ramleague.net> (20.7.2019.))



Slika 8. Program *Cloud Compare version 2.10.2* (Izvor: <http://www.danielgm.net> (20.7.2019.))



Programom *Agisoft Metashape* obavljeno je 3D modeliranje temeljeno na slici namijenjeno stvaranju profesionalnih kvalitetnih 3D sadržaja iz fotografija. Temelji se na 3D rekonstrukciji s više prikaza, djeluje s proizvoljnim slikama i učinkovit je u kontroliranim i nekontroliranim uvjetima. Fotografije mogu biti iz bilo kojeg položaja, pod uvjetom da je objekt koji treba rekonstruirati vidljiv na najmanje dvije fotografije. Poravnavanje slike i rekonstrukcija 3D modela potpuno su automatizirani (<https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro15en.pdf> (15.7.2019.)).

Isti autori navode da je cilj obrade fotografije s *Metashape* obilježavanje površine, ortomozaika i DEM. Postupak obrade uključuje četiri glavne faze:

1. U prvoj fazi poravnali smo fotoaparate. U ovoj fazi *Metashape* tražimo zajedničke točke na fotografijama i podudaramo se s njima, kao i to što pronalazimo položaj kamere za svaku sliku i pročišćavamo kameru od kalibracijskih parametara. Kao rezultat toga formira se rijetki oblak točaka i skup položaja fotoaparata. Oblak rijetkih točaka predstavlja rezultate poravnanja fotografije i neće se izravno koristiti u daljnjoj obradi.
2. Sljedeća faza je stvaranje gustog oblaka točaka, koji *Metashape* gradi na temelju procijenjenog položaja kamere i same slike. Gusti oblaci točaka mogu se uređivati i klasificirati prije izvoza ili prelaska na sljedeću fazu.
3. Treća faza je stvaranje površine; Mesh i / ili DEM. 3D modela poligonalnih mreža koji predstavlja površinu objekta te se temelji na gustom ili rijetkom oblaku točaka, takva vrsta površinskog prikaza nije uvijek potrebna, tako da korisnik može preskočiti korak generacije modela mreže. Digitalni model nadmorske visine (DEM) se može ugraditi u *Geografic*, *Planar* ili *Cilindric* projekcije prema izboru korisnika. Ako je oblak gustih točaka bioklasificiran u prethodnoj fazi moguće je koristiti određenu točku klase za generiranje DEM-a.
4. Nakon što se površina rekonstruira, može biti teksturirana (relevantno samo za mrežasti model) ili *Orthomosaic* može se generirati. *Orthomosaic* se projicira na površini prema izboru korisnika: DEM ili Mesh model.

## Plan misije

*Metashape* koristimo za funkcionalno dobivanje optimalnih setova položaja fotoaparata na temelju grubog modela i kreiranje planova misije pomoću optimalnih skupova. Ova se

funkcionalnost može koristiti i za analizu prekomjerno snimljenih slika kako bismo odabrali koje su slike korisne, a koje suvišne:

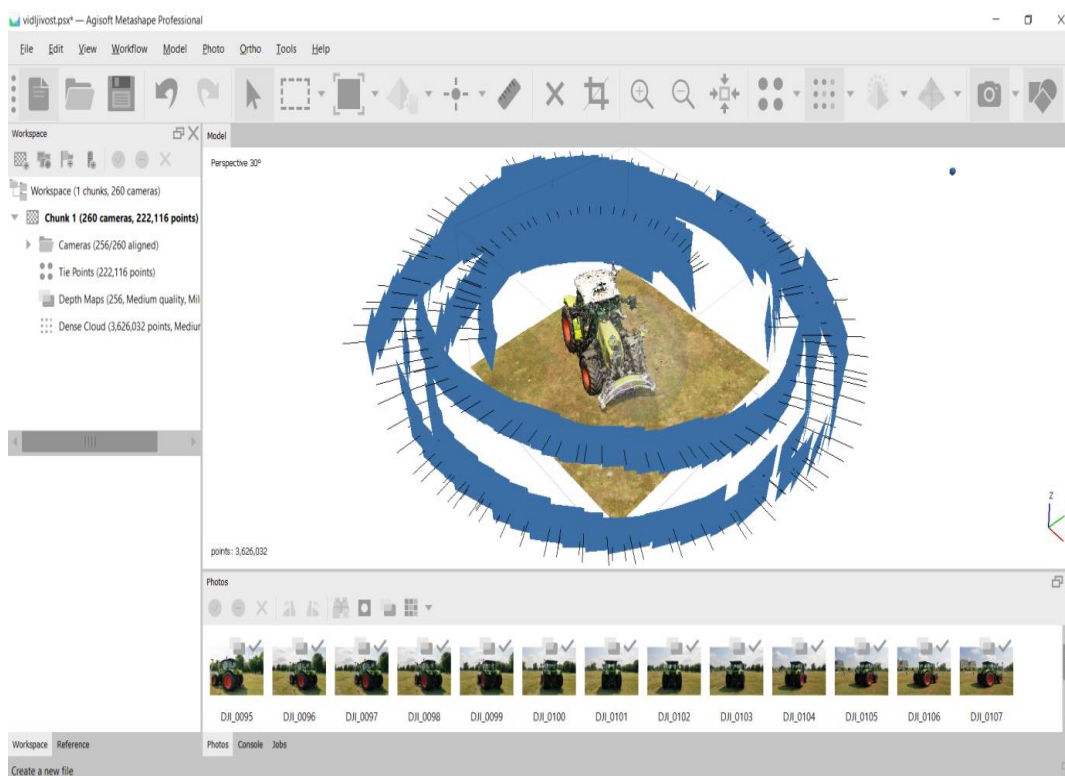
1. Učiniti nadzemni let iznad zanimljive regije kako bi se snimio osnovni skup slika. Za snimanje okomice, te bolje konkavne površine, može seupotrijebiti 3D fotogrametrijska anketa koja je unaprijed postavljena u bespilotnoj aplikaciji.
2. Fotografije se uvezu u *Metashape* te se poravnaju, a zatim se napravi mrežica - grubi model objekta, oskudni oblak.
3. Odabere se podizbornik Plan Mission na izborniku Alati. Omoguće se sljedeći koraci: Generiranje kandidata, Optimiziranje pokrivenosti, Kreiranje plana leta. Navede se KML izvozni put i drugi parametri tесе pokrene obrada.
4. Uvezu se datoteke u aplikaciju na dronu koja podržava KML planove leta s gimbalnom orijentacijom (<https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro15en.pdf> (15.7.2019.)).

*CloudCompare* je program koji nam je služio za uređivanje i obradu 3D točaka (i trokutaste mreže). Izvorno je dizajniran za izravnu usporedbu između gustih oblaka 3D točaka. Oslanja se specifično na octree strukturu koja omogućuje izvrsne performanse. Neke od glavnih značajki programa *Cloud Compare*:

1. Oblak točaka - je skup neorganiziranih 3D točaka (X, Y, Z). Može se povezati sa:
  - jedinstvena boja za cijeli entitet (RGB)
  - boje po točkama (RGB)
  - normalni vektori po točki (Nx, Ny, Nz)
  - skalarne vrijednosti po točki (skalarno polje) - više skalarnih polja može se povezati s istim oblakom
2. Mreža je skup trokuta. Unutarnji su trokuti predstavljeni trostrukim cjelobrojnim indeksima. Ti su indeksi relativnina pridruženi oblak (mrežaste vrhove). Stoga mreža "nasljeđuje" sve značajke povezane s točkastim oblakom
3. Polilin je skup točaka povezanih međusobnim segmentima. Polilin može biti zatvoren (tj. Petlja) ili ne. Prema zadanim postavkama polilin je 3D objekt. Ali mogu biti i 2D entiteti (u tom će se slučaju prikazati kao 2D objekt preklapanja a njihove koordinate uvijek su u pikselima). Interno je poliline skup indeksa. To su indeksi u odnosu na pridruženi točkast oblak (polinski vrhovi). Njegovi vrhovi pohranjeni su u obliku oblaka točaka (koji je obično podređeno područje mrežnog objekta u DB stablu). Za sada polilinije ne nasljeđuju značajke pridruženih oblaka (boja, normale itd.). Međutim, mogu biti povezane s jednom bojom (RGB).
4. Struktura octrea je vrlo važna struktura u *CloudCompare*. Koristi ga većina algoritama za obradu (računanje udaljenosti, prostorni operatori itd) (<http://www.danielgm.net> (20.7.2019.))

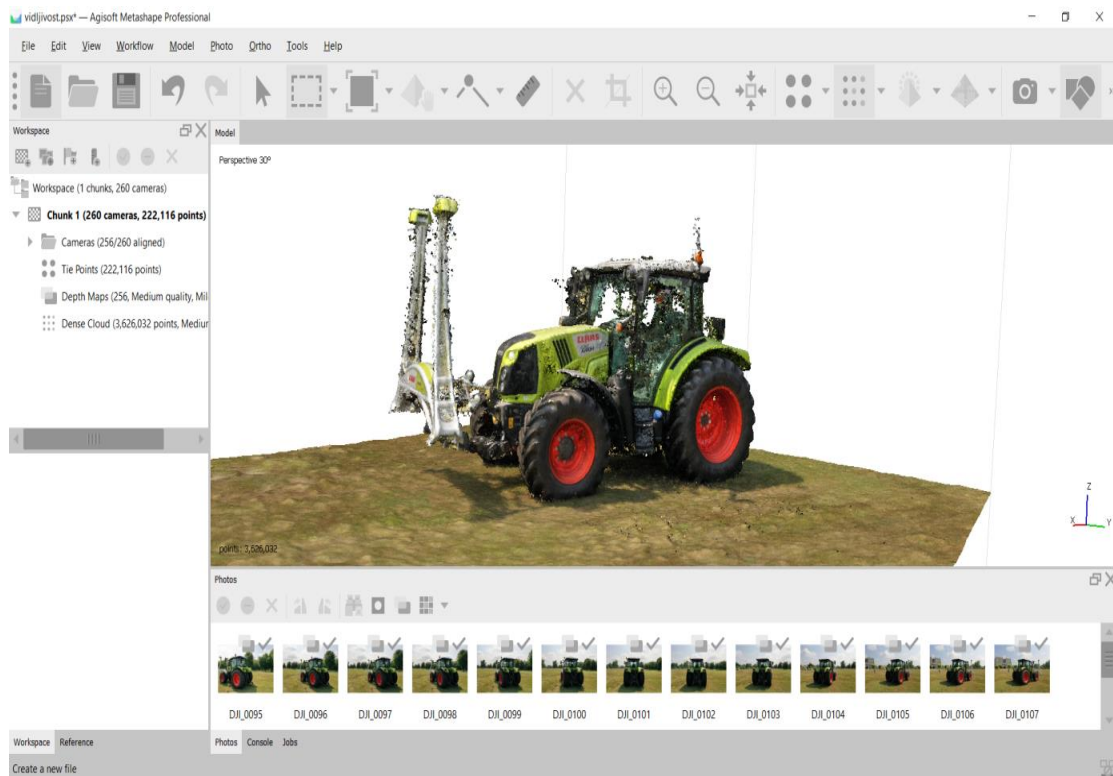
### 3. REZULTATI I RASPRAVA

Bespilotnim zrakoplovom snimljeno je 260 slika sa visine 2m i 3m. kako bi se dobila bolja očitavanja, veća preciznost i jasnija vidljivost svih važnih točaka na traktoru. Poslije snimanja fotografije su prebačene na računalo te uvezene u program *Agisoft Metashape*. za izradu gustog oblaka točaka temeljem *Structure from Motion* algoritma. Na slici 9. prikazan je let snimanja bespilotnim zrakoplovom plavim kvadratima koji se kretao kružno oko traktora na visinama 2m i 3m od površine tla.



Slika 9. Prikaz lokacija snimanja bespilotnim zrakoplovom

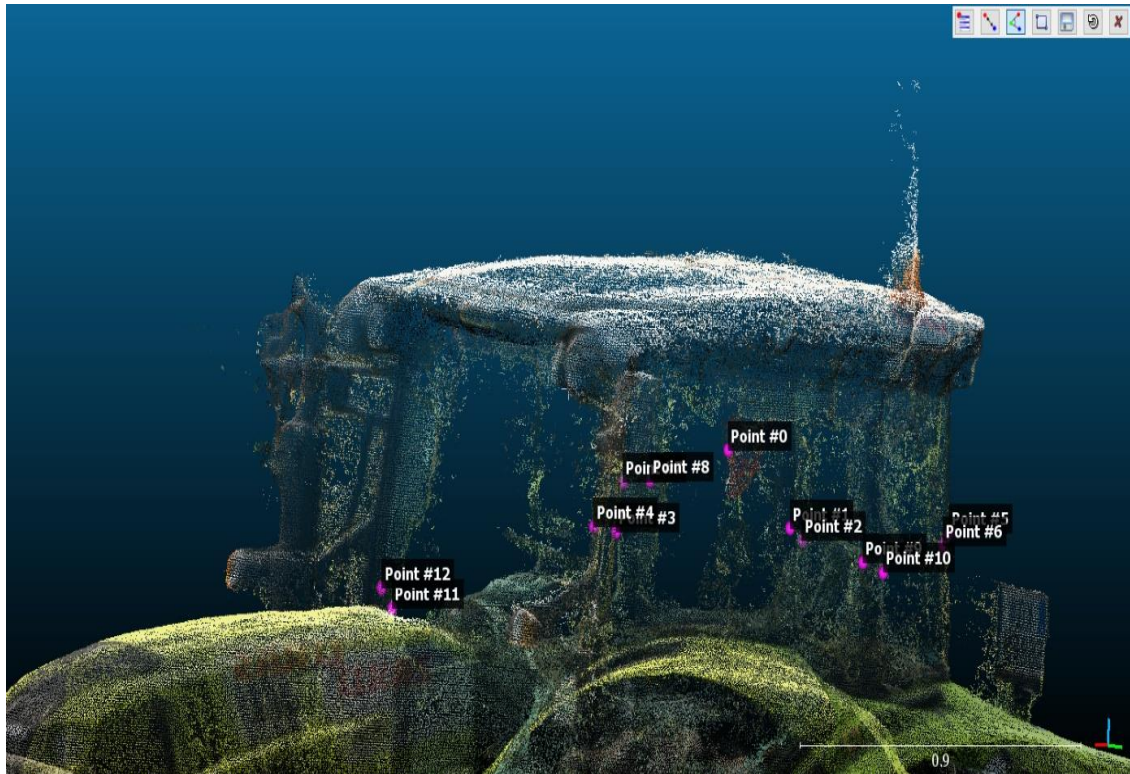
Stvaramo gusti oblak točaka koji je građen na temelju procijenjenog položaja kamere i same slike te nam je potreban za daljnju obradu. Kada je završena faza stvaranja gustog oblaka točaka krećemo sa stvaranjem površine, 3D modela poligonalnih mreža koje predstavljaju površinu objekta u ovom slučaju traktor Class Arion 420 i on se temelji na gustom oblaku točaka koji smo dobili obradom slika iz bespilotnog zrakoplova. Nakon rekonstrukcije gustog oblaka točaka koji je sadržavao ukupno 3.626.032 točaka (slika 10.) izvezen je u *.las* formatu za daljnju obradu u programu *Cloud Compare*.



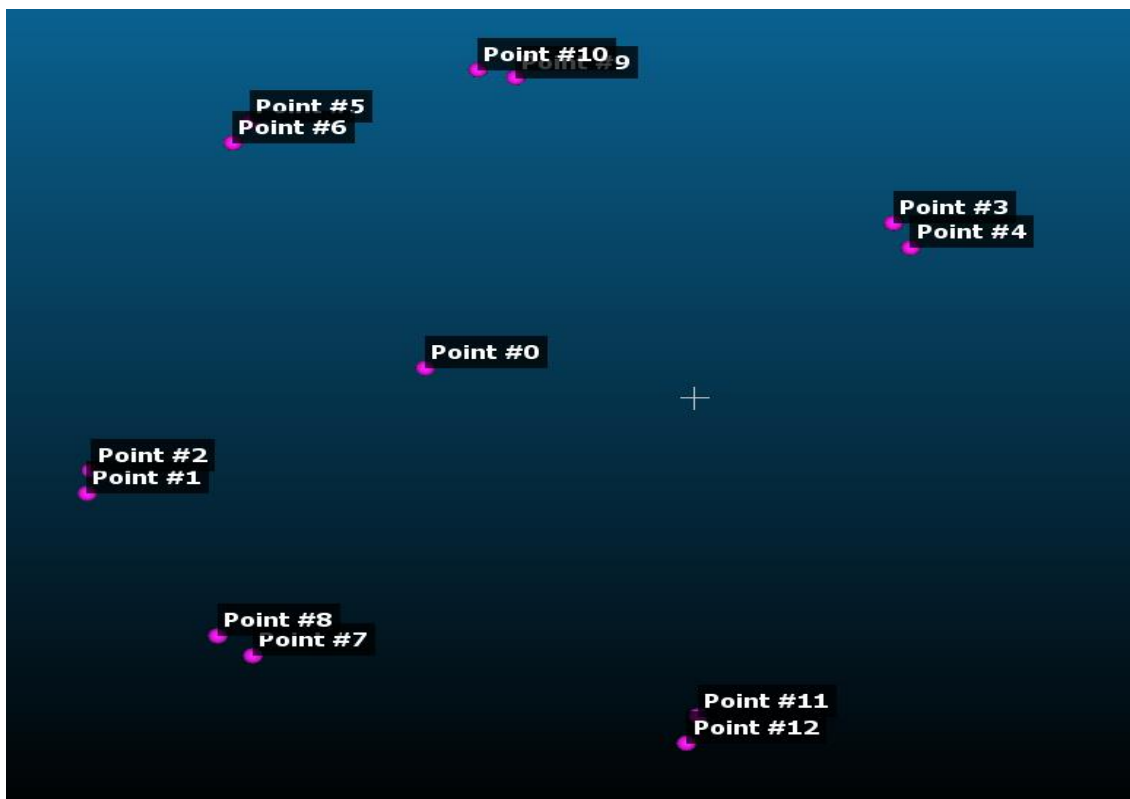
Slika 10. Gusti oblak točaka u programu *AgisoftMetashape*

Oblak točaka uvezen je u program *Cloud Compare* koji nam služi za obradu i uređivanje 3D točaka te smo ga upotrijebili smo za prostorna odmjerenja u oblaku točaka.

Preko *Point Picking* alata za određivanje prostornog kuta, na temelju cjelokupnog oblaka točaka odabrane su karakteristične točke za vidljivost, iz kojih je stvoren novi oblak točaka (slika 11. i 12.).

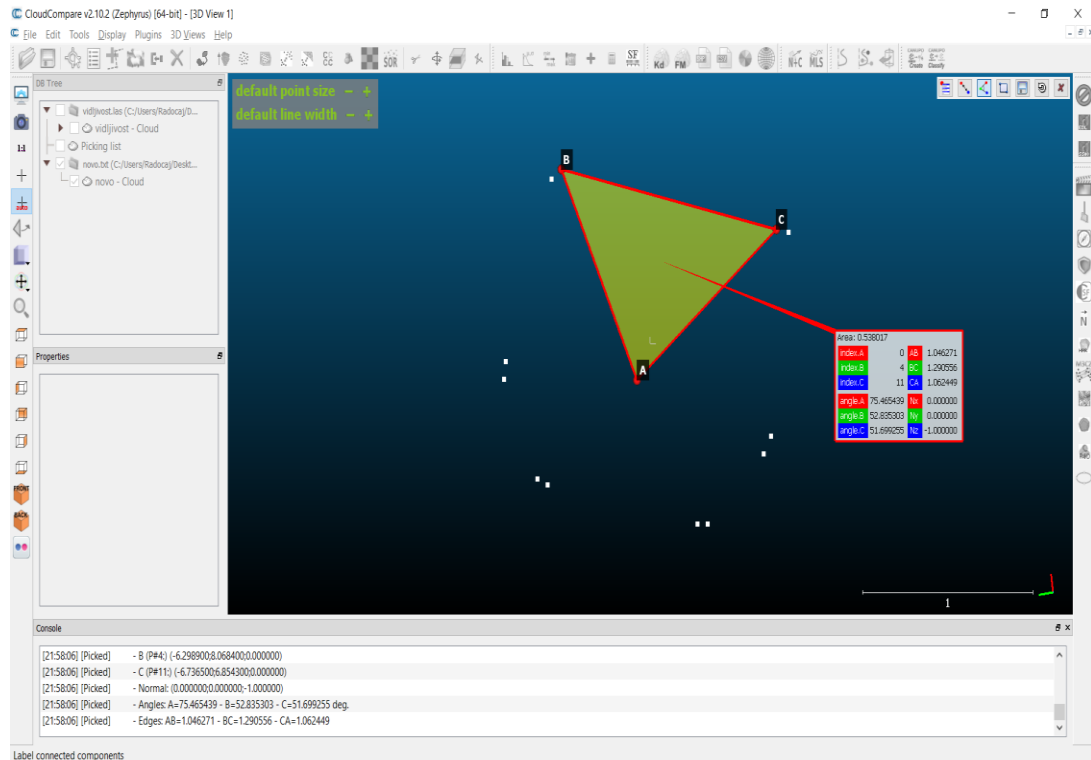


Slika 11. Karakteristične točke za vidljivost



Slika 12. 3D raspored karakterističnih točaka za vidljivost

Na slici 13. vidljiv je primjer određivanja kuta u programu *Cloud Compare* (simbolizira ono što rukovatelj vidi kad gleda prema naprijed). Točke projicirane u ravninu - kutovi se odnose na površinu (2D), tj. sve odabrane točke sad nalaze se u istoj ravnini radi pouzdanog određivanja kutova i kako bi njihov zbroj mogao biti  $360^\circ$ .



Slika 13. Primjer određivanja kuta

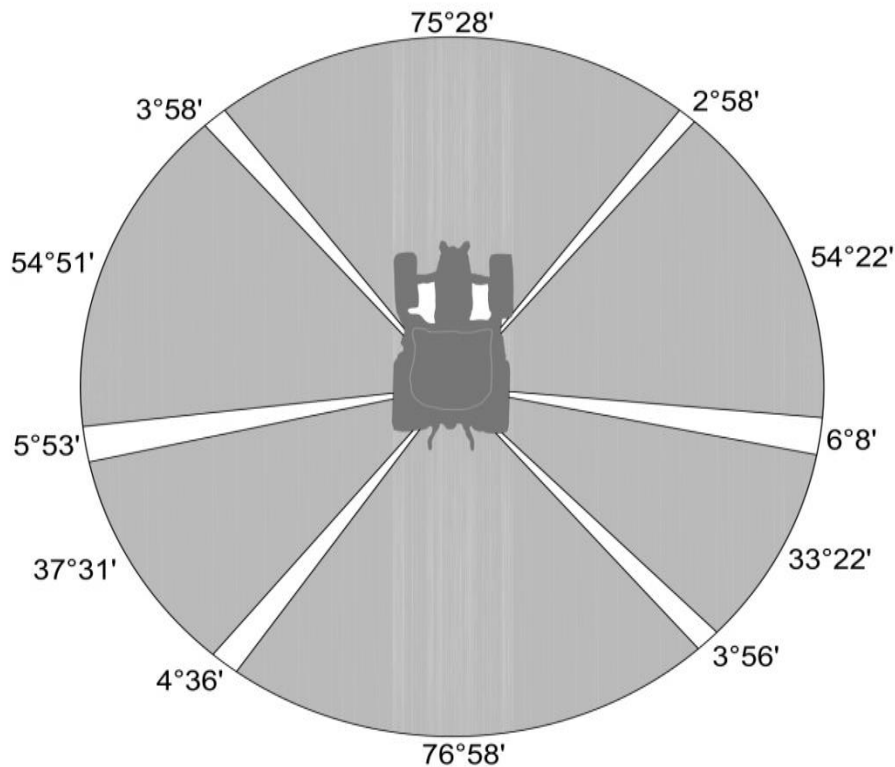
Tablica 4. Lokalne koordinate karakterističnih točaka pri određivanju kutova

Broj točke	x	y	z
0	-7,29760	7,75650	0,00000
1	-7,99370	7,43140	0,00000
2	-7,98560	7,49090	0,00000
3	-6,33430	8,13220	0,00000
4	-6,29890	8,06840	0,00000
5	-7,65890	8,39370	0,00000
6	-7,69370	8,34050	0,00000
7	-7,65280	7,01070	0,00000
8	-7,72490	7,06200	0,00000
9	-7,11200	8,50940	0,00000
10	-7,18940	8,52990	0,00000
11	-6,73650	6,85430	0,00000
12	-6,76050	6,78380	0,00000

Prema koordinatama karakterističnih točaka koje smo dobili iz oblaka točaka (Tablica 4.) za određivanje kutova možemo odrediti vidno polje, točnije vidljivost rukovatelja (slika 14.) te mrtve kutove (slika 15.).

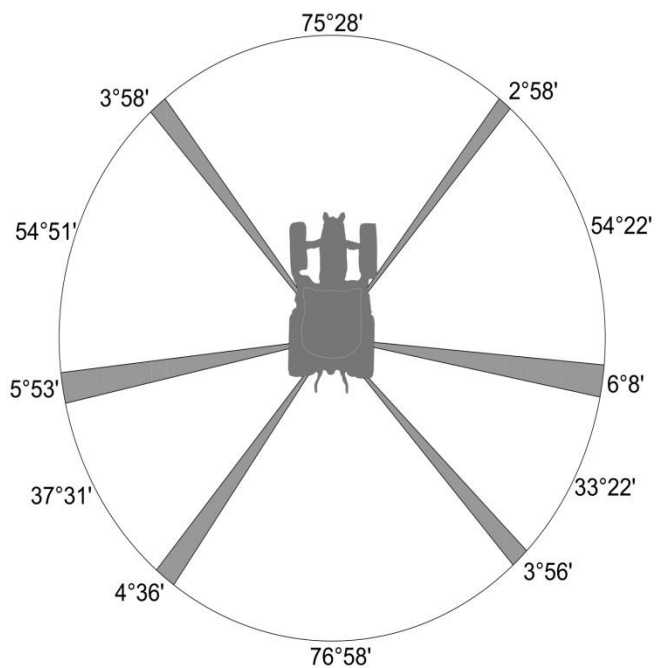


Sivom bojom na slici 14. označena su područja vidljivosti s mjesta rukovatelja sa sve četiri strane traktora. Nadalje, najveći kut vidljivosti utvrđen je sa stražnje strane ( $76^{\circ}58'$ ) i s prednje strane ( $75^{\circ}28'$ ).



Slika 14. Vidljivost rukovatelja traktora

Zemanek i sur. (2017.) istraživali su vidljivost na traktoru i kombajna TLS metodom gdje su utvrdili područja vidljivosti. Budući da je u istraživanju uspoređivana vidljivost između traktora i kombajna, snimanje je obavljeno samo s prednje strane kako nije bilo smisla snimati stražnju stranu kombajna. Utvrđeno je kako kombajn ima značajno veće područje vidljivosti u odnos na traktor. Gledajući područja vidljivosti traktora u navedenom istraživanju i u ovome istraživanju su jednaka.



Slika 15. Mrtvi kutovi traktora

Označena područja sivom bojom na slici 15. su mrtvi kutevi s mjesta rukovatelja traktora. Nadalje, utvrđeni mrtvi kutevi iako prisutni svedeni su na minimum, najveći mrtvi kutevi utvrđeni su s lijeve (5°53') i s desne strane (6°8').

## 4. ZAKLJUČAK

Istraživanjemsu doneseni sljedeći zaključci:

- Prema koordinatama karakterističnih točaka koje smo dobili iz oblaka točaka za određivanje kutova, odredili smo vidljivost rukovatelja te mrtve kutove;
- Najveći kut vidljivosti utvrđen je sa stražnje strane ( $76^{\circ}58'$ ) i sa prednje strane ( $75^{\circ}28'$ );
- Mrtvi kutevi su prisutni, ali su svedeni na minimum, pa su najveći mrtvi kutevi utvrđeni s lijeve ( $5^{\circ}53'$ ) i s desne strane ( $6^{\circ}8'$ ), bočne strane traktora.

Vidljivost iz kabine strojeva utječe na učinkovitost i sigurnost rada rukovatelja. Smanjena vidljivost pri radu rukovatelja iz upravljanog stroja uzrokovana neprikladnim dizajnom kabine na pokretnoj komponenti može dovesti do oštećenja imovine ili industrijskih nesreća. Pri snimanju ovoga traktora vidljivost s položaja rukovatelja je jako velika te pretpostavka je kako neće biti negativnog utjecaja na istog pri radu s istraživanim traktorom.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Barron, P.J.; Owende, P.M.O.; McDonnell, K.P.; Ward, S.M. A method for assessment of degradation of task visibility from operator cabins of field machines. *Int. J. Ind. Ergon.* 2005, 35, 665–673. [CrossRef]
2. Choi, C.B.; Park, P.; Kim, Y.H.; Hallbeck, M.S.; Jung, M.C. Comparison of visibility measurement techniques for forklift truck design factors. *Appl. Ergon.* 2009, 40, 280–285. [CrossRef] [PubMed]
3. Directive of the European Parliament and of the Council No. 2008/2/EC of 15 January 2008 on the field of view and front screen wipers in wheeled agricultural and forestry tractors. Strasbourg, January 2008. Available online: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/2/oj> [http://data.europa.eu/eli/reg\\_del/2015/208/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_del/2015/208/oj) (accessed on 5 May 2017).
4. Gilad, I.; Byran, E. Quantifying driver's field-of-view in tractors: Methodology and case study. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 2015, 21, 20–29. [CrossRef] [PubMed]
5. Hella, F.; Tisserand, M.; Schouller, J.F.; Englert, M. A new method for checking the driving visibility on hydraulic excavators. *Int. J. Ind. Ergon.* 1991, 8, 135–145. [CrossRef]
6. ISO. ISO 5721-1:2013 Agricultural Tractors—Requirements, Test Procedures and Acceptance Criteria for the Operator's Field of Vision—Part 1: Field of Vision to the Front; ISO: Geneva, Switzerland, 2013.
7. ISO. ISO 5721-2:2014 Agricultural Tractors—Requirements, Test Procedures and Acceptance Criteria for the Operator's Field of Vision—Part 2: Field of Vision to the Side and to the Rear; ISO: Geneva, Switzerland, 2014.
8. ISO. ISO 5006:2017 Earth-Moving Machinery—Operator's Field of View—Test Method and Performance Criteria; ISO: Geneva, Switzerland, 2017.
9. Lund, M and L. Butters. 2011. An investigation and comparison into operator field of vision for modern tractor cabs. *Scientific Papers, University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine, Bucharest, Series A, Agronomy, LIV (1):414-419.*

10. Regulation of the European Parliament and of the Council (EU) No. 167/2013 on European Type Approval of Agricultural and Forestry Vehicles and Supervision over the Market with These Vehicles. Strasbourg, February 2013. Available online: <http://data.europa.eu/eli/reg/2013/167/oj>
11. Regulation of the UN European Economic Commission (EEC/UN) No. 125—Uniform Provisions for the Approval of Motor Vehicles, as to the Forward View Field of the Driver of Motor Vehicle. Geneva, March 2017. Available online: [http://data.europa.eu/eli/reg/2010/125\(2\)/oj](http://data.europa.eu/eli/reg/2010/125(2)/oj)
12. Ryan, B.; Wang, J.; Haslegrave, C.M. Using digital human modelling to evaluate field of view for articulating devices on railway engineering vehicles. In Proceedings of the Digital Human Modeling for Design and Engineering Symposium, Iowa City, IA, USA, 14–16 June 2005.
13. Státní zkušebna stroju, a.s., odborný útvar 22, Tržanovského 622/11, 163 04 Praha 6–Rěpy, Česká Republika. 2007. Available online: <http://www.statnizkusebna.cz/>
14. Whitelaw, T. 2012. Safer motoring: Learning about the blind spot when driving, UK. Retrieved from <http://www.safermotoring.co.uk/learning-about-blind-spot-when-driving.html>.
15. Zamanek i sur. (2017.): Article - The Use of Terrestrial Laser Scanning for Determining the Driver's Field of Vision
16. Wikipedia: Ergonomija. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Ergonomija> (15.7.2019.)
17. <http://zakon.poslovna.hr/public/pravilnik-o-postupku-homologacije-traktora-za-poljoprivredu-i-sumarstvo-s-obzirom-na-vidno-polje-i-brisace-vjetromotorskih-vozila> (15.7.2019.)
18. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5621390/> (15.7.2019.)
19. <https://www.traktorpool.com.hr/rabljeno/b-Traktori/95/cClaas/39/model/ARION%20420%20CIS/677/1/> (15.7.2019.)
20. <http://www.tractordata.com/farm-tractors/006/5/6/6563-claas-arion-420.html> (10.7.2019.)
21. <https://xchip.ru/2018/05/11/dji-phantom-4-pro-v2-0-edition-vypushhen-s-uluchshennymi-xarakteristikami/> (15.7.2019.)
22. <https://www.dji.com/hr/phantom-4-pro-v2/info> (10.7.2019.)
23. <http://www.interconnective.co.uk/drones/phantom-4-pro-v2-0/> (15.7.2019.)

24. <https://www.dji.com/hr/phantom-4-pro-v2/info> (10.7.2019.)
25. <http://www.ramleague.net/threads/agisoft-metashape-professional-1-5-2-build-7838-multilingual.78155/> (20.7.2019.)
26. <http://www.danielgm.net/cc/release/> (20.7.2019.)
27. <https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro15en.pdf> (15.7.2019.)