

# RAČUNALSTVO U OBLAKU I NJEGOVA PRIMJENA U VISOKOM OBRAZOVANJU U REPUBLICI HRVATSKOJ

---

**Aščić, Judita**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Economics in Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:145:706863>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-05**



*Repository / Repozitorij:*

[EFOS REPOSITORY - Repository of the Faculty of Economics in Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Ekonomski fakultet u Osijeku  
Preddiplomski studij Poslovna informatika

Judita Aščić

**RAČUNALSTVO U OBLAKU I NJEGOVA PRIMJENA U  
VISOKOM OBRAZOVANJU U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Završni rad

Osijek, 2022.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Ekonomski fakultet u Osijeku  
Preddiplomski studij Poslovna informatika

Judita Aščić

**RAČUNALSTVO U OBLAKU I NJEGOVA PRIMJENA U  
VISOKOM OBRAZOVANJU U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Završni rad

**Kolegij: Upravljanje informacijskim resursima**

JMBAG: 0010229150

e-mail: judita.ascic13@gmail.com

Mentor: prof.dr.sc. Josip Mesarić

Osijek, 2022.

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Economics in Osijek  
Undergraduate Study Business informatics

Judita Aščić

**CLOUD COMPUTING AND ITS APPLICATION IN HIGHER  
EDUCATION IN THE REPUBLIC OF CROATIA**

Final paper

Osijek, 2022.

**IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI, PRAVU PRIJENOSA INTELKTUALNOG VLASNIŠTVA, SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA**

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da je Ekonomski fakultet u Osijeku, bez naknade u vremenski i teritorijalno neograničenom opsegu, nositelj svih prava intelektualnoga vlasništva u odnosu na navedeni rad pod licencom Creative Commons Imenovanje – Nekomercijalno – Dijeli pod istim uvjetima 3.0 Hrvatska.
3. Kojom izjavljujem da sam suglasan/suglasna da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Ekonomskoga fakulteta u Osijeku, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, NN br. 123/03, 198/03, 105/04, 174/04, 02/07, 46/07, 45/09, 63/11, 94/13, 139/13, 101/14, 60/15).
4. izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

**Ime i prezime studenta/studentice: Judita Aščić**

**JMBAG: 0010229150**

**OIB: 37060384876**

**e-mail za kontakt: judita.ascic13@gmail.com**

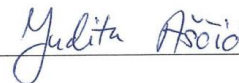
**Naziv studija: Poslovna Informatika**

**Naslov rada: Računalstvo u oblaku i njegova primjena u visokom obrazovanju u Republici Hrvatskoj**

**Mentor/mentorica rada: prof.dr.sc. Josip Mesarić**

U Osijeku, 14.09.2022. godine

Potpis



## **Računalstvo u oblaku i njegova primjena u visokom obrazovanju u Republici Hrvatskoj**

### **SAŽETAK**

Računalstvo u oblaku označava pristup i pohranu podataka te pružanje usluga povezanih s računalstvom putem interneta. Podaci mogu biti bilo što poput slika, videa, audio zapisa, dokumenata, datoteka itd. Tehnologije na kojima počiva računalstvo u oblaku uključuje: virtualizaciju, uslugama orijentiranu arhitekturu (SOA), grid computing i utility computing. Računalstvo u oblaku se već uvelike koristi u obrazovanju. Usluge temeljene na oblaku mogu pomoći sveučilištima da smanje troškove i ubrzaju korištenje novih tehnologija kako bi rastuće obrazovne potrebe bile zadovoljene. Prednosti računalstva u oblaku uključuju: učinkovitost, mobilnost, dostupnost usluga, pouzdanost i brzu primjenu. Sveučilišni računski centar (Srce) je središnja infrastrukturna ustanova cjelokupnog sustava znanosti i visokog obrazovanja Republike Hrvatske. Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća Srce je izgradio niz komponenti koje su dovele do razvoja nacionalne e-infrastrukture. Srce je 2002. godine izgradio računalni klaster Isabella, a danas je Isabella najjači računalni klaster u Hrvatskoj kojeg koriste znanstvenici koji imaju potrebu za intenzivnim računanjem. Od 2003. do 2005. godine Srce je kao dio multiinstitucionalnog projekta CRO-GRID izgradio nacionalnu grid infrastrukturu. U 2019. godini Srce je izvršio transformaciju CRO NGI u novu HTC Cloud platformu za napredno računalstvo i složenu analizu podataka. Srce je 2012. godine uspostavio privatni oblak s dvije nove usluge u oblaku Virtual Private Server (VPS) i Virtual Computing Lab (VCL) koje omogućavaju stvaranje i upotrebu virtualnih poslužitelja za potrebe ustanova, nastavnika i istraživača iz sustava znanosti i visokog obrazovanja RH. Danas se Srce i dalje fokusira na sustave i usluge koji su nužni i važni za moderno obrazovanje i znanost.

**Ključne riječi:** Računalstvo u oblaku, obrazovanje, Srce

## **Cloud computing and its application in higher education in the Republic of Croatia**

### **ABSTRACT**

Cloud computing is defined as storing and accessing of data and computing services over the internet. Data can include images, videos, audio tracks, documents, files, etc. Fundamental cloud computing technologies include: virtualization, service-oriented architecture (SOA), grid computing, and utility computing. Cloud computing is already widely used in education. Cloud-based services can help universities reduce costs and accelerate the use of new technologies to meet growing educational needs. The advantages of cloud computing include: efficiency, mobility, availability of services, reliability and quick deployment. The University Computing Center (Srce) is the central infrastructural institution of the entire system of science and higher education in the Republic of Croatia. Over the last few decades, Srce has built a number of components that have led to the development of the national e-infrastructure. Srce built the Isabella computer cluster in 2002, and today Isabella is the strongest computer cluster in Croatia, used by scientists who need intensive computing. From 2003 to 2005, Srce built the national grid infrastructure as part of the multi-institutional project CRO-GRID. In 2019, Srce transformed CRO NGI into a new HTC Cloud platform for advanced computing and complex data analysis. In 2012, Srce established a private cloud with two new cloud services, Virtual Private Server (VPS) and Virtual Computing Lab (VCL), which enable the creation and use of virtual servers for the needs of institutions, teachers and researchers from the science and higher education system of the Republic of Croatia. Today, Srce continues to focus on systems and services that are necessary and important for modern education and science.

**Key words:** Cloud Computing, education, Srce

# SADRŽAJ

<b>1. Uvod</b> .....	<b>1</b>
1.1. Opis istraživačkog područja .....	2
1.2. Cilj istraživanja .....	2
1.3. Metodologija .....	2
<b>2. Teorijska podloga i prethodna istraživanja</b> .....	<b>3</b>
2.1. Osnove računalstva u oblaku .....	3
2.1.1. Pojam i definicija računalstva u oblaku.....	3
2.1.2. Povijest računalstva u oblaku.....	4
2.1.3. Karakteristike računalstva u oblaku .....	5
2.1.4. Tehnologije na kojima počiva računalstvo u oblaku.....	6
2.1.5. Vrste usluga računalstva u oblaku.....	7
2.1.6. Arhitektura računalstva u oblaku .....	8
2.1.7. Modeli računalstva u oblaku.....	8
<b>3. Usluge računalstva u oblaku za sveučilišne zahtjeve u Republici Hrvatskoj</b> .....	<b>10</b>
3.1. Vrste sveučilišnih informacijskih zahtjeva .....	10
3.2. Vrste usluga u oblaku za sveučilišne informacijske zahtjeve .....	10
3.3. Arhitekture računalstva u oblaku za sveučilišne informacijske potrebe .....	11
<b>4. Opis istraživanja i rezultati istraživanja</b> .....	<b>13</b>
4.1. Klaster Isabella.....	13
4.1.1. ScaleMP vSMP .....	14
4.1.2. Usluge.....	15
4.2. Cloud Computing .....	15
4.2.1. Virtual Computing Lab (VCL) .....	15
4.2.2. Virtual Private Server (VPS) .....	16
4.3. HTC Cloud .....	16
4.3.1. Elastic Cloud Computing Cluster EC3.....	16
4.3.2. Slika hpc-base .....	16
4.4. Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak (HR-ZOO).....	17
4.5. SRCE – budući razvoj Cloud Computinga .....	18
4.6. Komercijalni servisi u oblaku za sveučilišnu zajednicu.....	19
<b>5. Rasprava</b> .....	<b>20</b>



<b>6. Zaključak.....</b>	<b>21</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>22</b>
<b>Popis slika .....</b>	<b>24</b>

## 1. Uvod

Računalstvo u oblaku jedna je od najnovijih tehnologija u IT industriji. Računalstvo u oblaku se smatra distribucijom energije, prostora, baza podataka, aplikacija i drugih resursa na zahtjev putem servisne platforme preko interneta. Transformacijski potencijal ove tehnologije je ogroman i impresivan te je jasno da ga usvajaju pojedinačni korisnici, tvrtke, obrazovne institucije, vlade i organizacijske zajednice.

Ovaj rad je koncipiran u šest poglavlja. U drugom poglavlju bit će objašnjene osnove računalstva u oblaku. Računalstvo u oblaku bit će definirano te će se razjasniti i njegova povijest. Zatim će biti opisane i objašnjene karakteristike i tehnologije na kojima počiva. Također će se navesti i opisati vrste usluga i modela te će biti prikazana i objašnjena arhitektura računalstva u oblaku.

U trećem poglavlju bit će rečeno nešto više o uslugama računalstva u oblaku za sveučilišne zahtjeve u Republici Hrvatskoj. Bit će opisani sveučilišni informacijski zahtjevi, vrste cloud computing usluga za sveučilišne informacijske zahtjeve te će biti prikazane i pojašnjene arhitekture cloud computinga za sveučilišne informacijske zahtjeve.

U četvrtom poglavlju bit će prikazan opis i rezultati istraživanja. Bit će opisan klaster Isabella, ali i sustav ScaleMP te što on omogućava, kao i usluge samog klastera. Bit će pojašnjene i cloud computing usluge koje nudi Srce, a koje uključuju Virtual Computing Lab (VCL) i Virtual Private Server (VPS). Nadalje, bit će rečeno nešto i o HTC Cloudu, novoj usluzi koju nudi Srce, a koja pruža platformu za potrebe naprednog računanja i složenih analiza podataka. Također će biti pojašnjeno i kako u sklopu HTC Clouda funkcioniraju Elastic Cloud Computing Cluster EC3 i slika hpc-base. Bit će obrazložena i važnost HR-ZOO projekta te će biti prokomentiran budući razvoj računalstva u oblaku u Srcu. Za kraj će biti rečeno nešto o komercijalnim servisima u oblaku za sveučilišnu zajednicu.

Peto poglavlje je rasprava. Tu će se raspravljati o tome kako je tehnološki napredak utjecao na obrazovanje te o prednostima koje cloud computing donosi studentima, profesorima i djelatnicima ustanova iz sustava znanosti i visokog obrazovanja. Također će biti prokomentirano i zašto je Srce od iznimne važnosti za napredovanje obrazovnog sektora.

Zadnji dio je zaključak, gdje je opisano računalstvo u oblaku i zašto je primjena nove tehnologije bitna za budućnost obrazovanja.

### **1.1. Opis istraživačkog područja**

Računalstvo u oblaku nudi prilike za inovacije i brojne prednosti u obrazovanju koje su sigurne i isplative. Ova tehnologija omogućava sveučilištima da zaštite podatke o studentima, profesorima i ostalim djelatnicima. Jedna od najfascinantnijih karakteristika računalstva u oblaku jest širok mrežni pristup. Oblak nudi svim korisnicima jednostavan pristup resursima te potiče na međusobnu suradnju, sve što je potrebno je dobra internetska veza i uređaj. Implementacija računalstva u oblaku će u konačnici obrazovnim institucijama pomoći da ostvare svoju stratešku viziju i osiguraju uspjeh studenata.

Pri izradi završnog rada korišteni su različiti relevantni izvori podataka. Pretraživanje je provedeno putem interneta te su u literaturu uključene e-knjige, članci u časopisima, internetski članci i drugi internetski izvori.

### **1.2. Cilj istraživanja**

Cilj ovog rada je prikazati prednosti i nedostatke korištenja računalstva u oblaku u obrazovanju te prikazati i objasniti arhitekturu raznih cloud computing usluga koje nudi Srce. Osim toga, cilj je i istaknuti važnost korištenja suvremenih tehnologija kao što je računalstvo u oblaku u obrazovanju.

### **1.3. Metodologija**

Metodologiju je moguće definirati kao sveukupnost metodskih postupaka koje primjenjuje određena znanost ili grupa srodnih znanosti s ciljem dolaženja do novih spoznaja (Vujević, 2006, navedeno u Čendo Metzinger i Toth, 2020).

Korištene metode za realiziranje cilja ovog rada obuhvaćaju metode: analize, sinteze, klasifikacije, deskripcije i kompilacije. Analizirat će se elektronički izvori koji uključuju informacije vezane za računalstvo u oblaku, a posebno oni vezani za njegovu primjenu u obrazovanju. Uz to će se primijeniti i vlastita iskustva i znanja koja su stečena kroz školovanje.

## 2. Teorijska podloga i prethodna istraživanja

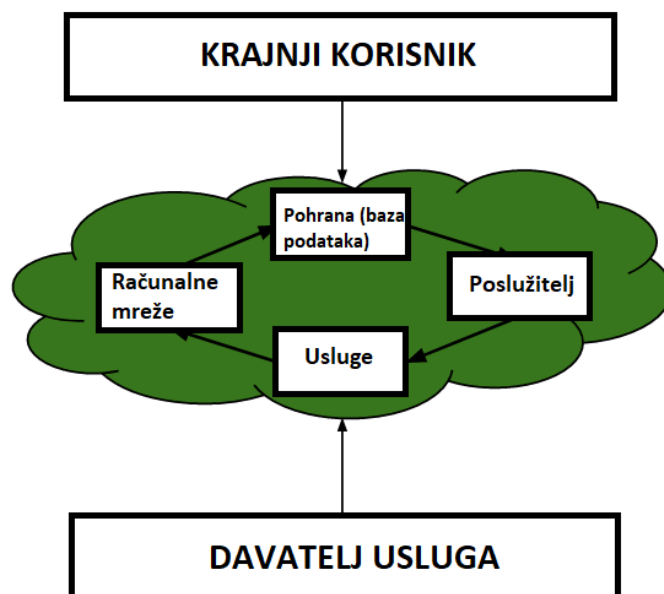
### 2.1. Osnove računalstva u oblaku

#### 2.1.1. Pojam i definicija računalstva u oblaku

Cloud je engleska riječ koja znači „oblak“. „The cloud“ se često koristi kao metafora za Internet, ali kada „the cloud“ spojimo sa „computing“ dolazi do nedoumice oko toga što je to zapravo cloud computing. Cloud Computing, odnosno računalstvo u oblaku je nazvano tako jer se informacije kojima se pristupa nalaze daleko u oblaku ili virtualnom prostoru. Računalstvo u oblaku se smatra distribucijom energije, podatkovnog prostora, baza podataka, aplikacija i drugih resursa na zahtjev putem servisne platforme preko interneta. Pojam “računalstvo u oblaku” najvjerojatnije je izveden iz dijagrama oblaka koji se koriste za predstavljanje interneta u udžbenicima (cloudtweaks.com, 2011), što je vidljivo i na slici 1. Tvrtke kao što su Amazon AWS, Microsoft Azure, Google Cloud i Alibaba cloud nude kompletna rješenja za poslovanje u oblaku, a uz to i druge usluge za individualne korisnike računala, tableta i pametnih telefona. Korisnici koji koriste usluge računalstva u oblaku mogu pohraniti datoteke i aplikacije na udaljene poslužitelje te pristupiti svojim podacima putem interneta. Budući da mnogi korisnici koriste isti skup resursa, trošak postavljanja, održavanja i korištenja sredstava znatno se smanjuje. Stotine milijuna korisnika koriste usluge koje su bazirane na oblaku, a Facebook, Twitter i Gmail su neke od najpoznatijih.

Nacionalni institut za standarde i tehnologiju (2011) je definirao računalstvo u oblaku kao: „model za omogućavanje sveprisutnog, odgovarajućeg, na zahtjev mrežnog pristupa zajedničkom prostoru podesivih računalnih resursa (npr., mreže, poslužitelji, pohrana, aplikacije i usluge) koji mogu biti brzo alocirani i otpušteni uz minimalan upravljački napor i interakciju sa davateljem usluge“.

Ukratko, za računalstvo u oblaku može se reći da je to oblik podugovaranja aplikacija gdje krajnji korisnici uživaju u njegovim prednostima bez dodatne brige o prostoru za pohranu te potrošnji energije. Najjednostavniji grafički prikaz računalstva u oblaku prikazan je na slici 1.



Slika 1. Cloud Computing (izrada autorice prema geeksforgeeks, 2021)

### 2.1.2. Povijest računalstva u oblaku

Prije tri desetljeća računala su bila grupirana u jedno veće računalo kako bi se stimuliralo superračunalo te na taj način iskoristila veća snaga procesora (Rittinghouse i Ransome, 2010:20). Grupiranje (eng. clustering) je omogućilo konfiguriranje računala koristeći posebne protokole kako bi mogla međusobno „razgovarati“ (Rittinghouse i Ransome, 2010:20).

Početkom 1990-ih Ian Foster i Carl Kesselman predstavili su svoj koncept "The Grid." Vjerovali su kako bi bilo logično da tvrtke mogu kupiti računalne resurse od treće strane koja im je sposobna pružiti traženu uslugu. Za tvrtke bi bilo puno isplativije rješenje kada bi se jedan čvor mogao uključiti u mrežu računala te kada bi se moglo platiti samo za resurse koji su korišteni nego kupnja i upravljanje vlastitom infrastrukturom (Rittinghouse i Ransome, 2010:21).

John MacCharty je 1961. godine u govoru na MIT-u predložio da bi se računalstvo trebalo moći prodavati na isti način kao što se prodaju voda i struja, ali ljudi u to vrijeme nisu željeli usvojiti njegovu ideju jer su smatrali da je tehnologija koju trenutno koriste dovoljno učinkovita (geeksforgeeks.org, 2021). Ova ideja je implementirana tek 1999. godine od strane Salesforce tvrtke koja je počela isporučivati poslovne aplikacije putem interneta te je na taj način započeo procvat računalstva u oblaku.

Amazon je bila prva velika tvrtka koja je ponudila usluge računalstva u oblaku. Amazon je 2006. godine pokrenuo Amazon Web Services, pružajući usluge poput pohrane, računanja, pa

čak i ljudske inteligencije (jvatpoint.com, n.d.). Elastic Compute Cloud (EC2), jedna od usluga Amazon Web Services, pojedincima je omogućila iznajmljivanje virtualnih računala na kojima je moguće pokretanje vlastitih računalnih programa i aplikacija. Google je 2008. godine slijedio Amazon te je putem Google Apps također počeo pružati poslovne aplikacije za računalstvo u oblaku. Sljedeći je bio Eucalyptus 2008. godine, prva platforma otvorenog koda kompatibilna s AWS API-em za postavljanje privatnih oblaka, a nakon njega OpenNebula, prvi softver otvorenog koda za postavljanje privatnih i hibridnih oblaka (cloudtweaks.com, 2011). Microsoft je 2009. godine lansirao Windows Azure, a nakon toga druge tvrtke poput Alibabe, IBM-a, Oraclea, HP-a također predstavljaju svoje usluge u oblaku (geeksforgeeks.org, 2021).

Računalstvo u oblaku je do 2014. godine razvilo svoje osnovne značajke, a sigurnost je postala glavna briga. Sigurnost u oblaku je značajno napredovala u posljednjih nekoliko godina i sada pruža zaštitu usporedivu s tradicionalnim IT sigurnosnim sustavima (dataversity.net, 2021). To uključuje zaštitu kritičnih informacija od slučajnog brisanja, krađe i curenja podataka (dataversity.net, 2021). Ipak, sigurnost je, i uvijek može biti, primarna briga većine korisnika oblaka.

### 2.1.3. Karakteristike računalstva u oblaku

Usluge računalstva u oblaku i dalje imaju veliki utjecaj na tehnološku industriju zbog novog načina računalstva. Računalstvo u oblaku dolazi s mnogim jedinstvenim karakteristikama koje ga čine takvim hitom u današnjem svijetu.

Karakteristike računalstva u oblaku su:

- Pružanje usluge na zahtjev korisnika (eng. On-demand self-service) – Korisnik može zatražiti i dobiti pristup ponudi usluge bez da stupi u interakciju s davateljem usluga. Da bi to bilo moguće, pružatelj usluge u oblaku mora imati uspostavljenu infrastrukturu za automatsko rukovanje zahtjevima korisnika. Najvjerojatnije će ova infrastruktura biti virtualizirana, tako da različiti korisnici mogu koristiti isti združeni hardver. Ovaj model omogućuje korisnicima brz pristup uslugama koje žele, a smanjuje administrativno opterećenje pružatelja usluga. Računalstvo u oblaku koje uključuje pružanje usluge na zahtjev korisnika može pomoći tvrtkama u stvaranju elastične okoline koja se povećava i smanjuje ovisno o radnim uvjetima i ciljanim performansama (CARNet, 2010).

- Širok mrežni pristup (eng. Broad network access) – Usluge u oblaku ovise o internetskoj infrastrukturi te su kao takve dostupne širokom rasponu uređaja sve dok postoji internetska veza. Uslugama se pristupa putem standardnih mehanizama koji promoviraju heterogenu uporabu „tankih“ i/ili „bogatijih“ klijentskih platformi, kao što su pametni telefoni, laptopi, tableti, računala, osobni digitalni pomoćnici itd.
- Udruživanje resursa (eng. Resource pooling) - Udruživanje resursa znači da se više korisnika opslužuje iz istih fizičkih resursa što može pomoći u povećanju iskorištenosti, a time i značajnom smanjenju operativnih troškova. Primjeri takvih resursa uključuju mrežni prostor, memoriju, procesor, mrežnu propusnost i virtualne strojeve.
- Brza elastičnost (eng. Rapid elasticity) – Sposobnost povećavanja i smanjivanja resursa prema potrebi korisnika. Korisniku bi se mogućnosti oblaka trebale činiti neograničenima. Te bi sposobnosti trebale biti elastično skalabilne prema van i prema unutra u skladu s potražnjom, bez obzira na količinu potrebnih resursa i u bilo koje vrijeme.
- Izmjerena usluga (eng. Measured service) – Korištenje resursa je moguće pratiti, kontrolirati te pisanjem izvješća pružiti transparentan uvid davateljima usluge i korisnicima. Mjerenje korištenja resursa korisno je i za davatelja usluga oblaka i za njegove korisnike. Praćenjem podataka moguće je izračunati korisnikovu potrošnju resursa u oblaku, dok davatelj usluga u oblaku može bolje razumjeti kako korisnici koriste njegove resurse i potencijalno poboljšati infrastrukturu ponuđene usluge (techtargget.com, 2020).

#### 2.1.4. Tehnologije na kojima počiva računalstvo u oblaku

Uspjeh računalstva u oblaku se može usko povezati s različitim tehnologijama koje rade iza platforme za računalstvo u oblaku kako bi ona bila pouzdana, prilagodljiva i upotrebljiva.

Tehnologije na kojima počiva računalstvo u oblaku su:

- Virtualizacija - Proces stvaranja virtualnog okruženja za pokretanje više aplikacija i operativnih sustava na istom poslužitelju. Tehnike virtualizacije su temelj računalstva u oblaku budući da omogućuju skalabilne i fleksibilne usluge hardvera. Razlikujemo virtualizaciju hardvera, virtualizaciju operacijskog sustava, virtualizaciju poslužitelja i virtualizaciju pohrane.

- Uslugama orijentirana arhitektura (SOA) – Obrazac dizajna koji je dizajniran za izgradnju distribuiranih sustava koji isporučuju usluge drugim aplikacijama putem protokola (javapoint.com, n.d.). To je samo koncept i nije ograničen na bilo koji programski jezik ili platformu.
- Grid Computing – Procesorska arhitektura koja kombinira različite računalne resurse s više lokacija kako bi se postigao zajednički cilj (javapoint.com, n.d.). Mreža (eng. grid) je povezana paralelnim čvorovima kako bi formirala računalni klaster (javapoint.com, n.d.). Klasteri su različitih veličina i mogu raditi na bilo kojem operativnom sustavu.
- Utility Computing – Korisničko računalstvo koje korisnicima pruža računalne resurse na zahtjev te ih naplaćuje po korištenju. Prednost ovog računalstva je u tome što smanjuje IT troškove, pruža veću fleksibilnost i lakše upravljanje.

#### 2.1.5. Vrste usluga računalstva u oblaku

Računalstvo u oblaku koristi virtualizaciju kako bi pružilo različite usluge u oblaku, usluge koje mijenjaju način na koji javne institucije i privatne organizacije koriste informacijsku tehnologiju. Danas postoji niz usluga računalstva u oblaku za ispunjavanje gotovo svih IT zahtjeva. Modeli pružanja Cloud Computing usluga se mogu razvrstati u tri kategorije:

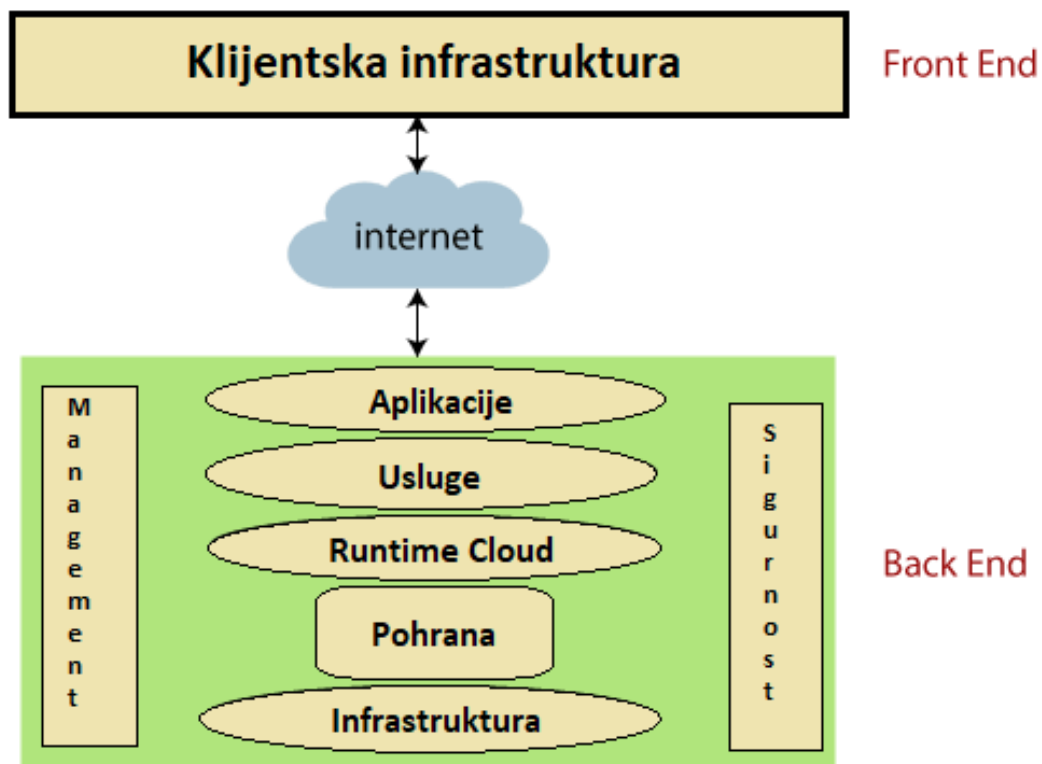
- Softver kao usluga (eng. Software as a service, SaaS) – Softver u kojem su aplikacije koje nudi davatelj usluga dostupne korisnicima putem mreže, obično interneta (Rittinghouse i Ransome, 2010:50). Uklonjena je potreba za instaliranjem i pokretanjem aplikacija na vlastitom računalu te su tako eliminirani troškovi održavanja hardvera i softvera. SaaS je također često povezan s „pay-as-you-go“ modelom plaćanja, gdje korisnik za softver plaća davatelju usluge s obzirom na vrijeme korištenja i jediničnu cijenu.
- Platforma kao usluga (eng. Platform as a Service, PaaS) – Naprednija vrsta usluge računalstva u oblaku. PaaS je platforma za računalstvo u oblaku gdje davatelj usluga u oblaku nudi, pokreće i održava operativni sustav skupa s ostalim računalnim resursima (Aaqib i Amit, 2019:422). Ponuđene usluge omogućuju korisniku razvoj, testiranje, pokretanje i upravljanje aplikacijom bez da mora kupiti i održavati softver i infrastrukturu koji su potrebni za njezin razvoj.
- Infrastruktura kao usluga (eng. Infrastructure as a Service, IaaS) – Oblik računalstva u oblaku koji pruža virtualizirane računalne resurse putem interneta. U IaaS modelu davatelj usluga oblaka upravlja IT infrastrukturom kao što su pohrana, poslužitelj,



mreža i operacijski sustav te ih isporučuje korisniku putem virtualnih strojeva dostupnih putem interneta.

#### 2.1.6. Arhitektura računalstva u oblaku

Računalstvo u oblaku je jedna od najpopularnijih računalnih tehnologija. To je tehnologija koju koriste male i velike organizacije za pohranu informacija u oblak kojima mogu pristupiti s bilo kojeg mjesta u bilo koje vrijeme putem internetske veze (javapoint.com, n.d.). Sustav računalstva u oblaku se može podijeliti na front end (klijentski dio) i back end (oblak). Oboje su međusobno povezani mrežom, obično internetom.



Slika 2. Arhitektura Cloud Computinga (izrada autorice prema javapoint.com, n.d.)

Front end uključuje sve ono što koristi krajnji korisnik te je neophodan za pristup sustavu računalstva u oblaku. Sastoji se od komponenata kao što su lokalne mreže, web preglednici i web aplikacije. Back end uključuje hardver i sustave za pohranu podataka koji se nalaze na udaljenom poslužitelju. Davatelj usluga u oblaku kontrolira i upravlja back end arhitekturom oblaka.

#### 2.1.7. Modeli računalstva u oblaku

Računalstvo u oblaku je poslovno orijentirano te je iz tog razloga vrlo važno donijeti ispravnu odluku oko odgovarajućeg poslovnog modela (Chandrasekaran, 2015:45). Vrstu modela treba

odabrati na temelju potreba, zahtjeva, proračuna i sigurnosti. Svaki korisnik ima drugačije potrebe te jedan model neće odgovarati svim korisnicima oblaka. U osnovi, postoje četiri vrste oblaka:

- Javni oblak (eng. Public cloud) – Platforma koja koristi standardni model računalstva u oblaku kako bi resurse kao što su virtualni strojevi, pohrana ili aplikacije učinila dostupnima korisnicima na daljinu. Neki javni resursi računalstva u oblaku su besplatni, dok je za druge potrebno platiti putem modela pretplate ili plaćanja po korištenju.
- Privatni oblak (eng. Private cloud) – Usluge i infrastruktura računalstva u oblaku su u vlasništvu organizacije koja ih koristi. Privatni oblak pruža fleksibilnost, skalabilnost, veću sigurnost, automatizaciju te nadzor. Privatni oblak je još poznat kao interni oblak ili poslovni oblak.
- Hibridni oblak (eng. Hybrid cloud) – Integrirani oblak koji je usluga koja koristi i privatne i javne oblake za obavljanje različitih funkcija unutar iste organizacije. On kombinira fleksibilnost, skalabilnost i isplativost javnog oblaka sa sigurnošću i kontrolom privatnog oblaka (cloudify.co, 2022).
- Oblak zajednice (eng. Community cloud) – Hibridni oblik privatnog oblaka. Nije javno dostupan, ali je dostupan samo odabranim organizacijama. To je model upotrebe oblaka koji je prikladan za organizacije koje rade na zajedničkom projektu, istraživačkoj temi ili aplikaciji i pristupaju sličnim resursima. Oblak zajednice omogućuje takvim organizacijama da komuniciraju, dijele i surađuju bez oslanjanja na javne oblake.

### **3. Usluge računalstva u oblaku za sveučilišne zahtjeve u Republici Hrvatskoj**

Korištenje računalstva u oblaku na sveučilištima ima mnoge prednosti. Administratori, osoblje, studenti i drugi korisnici mogu na zahtjev i bilo gdje pristupiti pohranjenim datotekama, e-pošti, obrazovnim resursima, bazama podataka, istraživačkim aplikacijama i alatima. Implementacijom računalstva u oblaku olakšana je komunikacija između profesora i studenata tako što su povezani preko cloud platforme. Trend uvođenja računalstva u oblaku vođen je ciljem smanjenja IT složenosti i troškova sveučilišta. Studenti ne moraju ulagati u skupe knjige i aplikacije jer su ti resursi za učenje dostupni u oblaku, a sveučilišta će smanjiti troškove tako što će se riješiti tereta upravljanja složenom IT infrastrukturom.

#### **3.1. Vrste sveučilišnih informacijskih zahtjeva**

Danas sveučilišta zahtijevaju više privatnih značajki i prilagodbi uz male troškove. Također, imaju i trajne potrebe za poslužiteljskim kapacitetima i to s razinom podrške standardnom za moderni podatkovni centar. VPS je isplativo i jednostavno rješenje te je korisno i za korisnika i za davatelja usluge, u ovom slučaju Srce. VPS ima brojne prednosti koje uključuju fleksibilnost, skalabilnost, pouzdanost i visoku raspoloživost, a njegova se brzina performanse može usporediti sa performansama namjenskog poslužitelja. Uz sve navedene prednosti ova usluga još osigurava i značajne uštede za sveučilišta u odnosu na nabave i održavanje fizičkih poslužitelja. Zahtjeve za virtualne učionice ili virtualni laboratorij zadovoljava VCL usluga.

#### **3.2. Vrste usluga u oblaku za sveučilišne informacijske zahtjeve**

Korisnici Srca očekuju brz razvoj, visoku pouzdanost, visoke performanse te dostupnost usluga bez obzira na lokaciju i korišteni uređaj.

Virtualni privatni poslužitelj (eng. Virtual Private Server, VPS) je usluga Srca koja ustanovama iz sustava znanosti i visokog obrazovanja omogućava upotrebu virtualnih poslužitelja (VM-ova) (srce.unizg.hr, n.d.). Ustanove koje imaju potrebu za trajnim virtualnim poslužiteljima će imati velike koristi od VPS-a. Ova usluga osigurava sigurnost, sigurnosnu pohranu, nadzor, visoku dostupnost i jednostavno upravljanje VM-ovima.

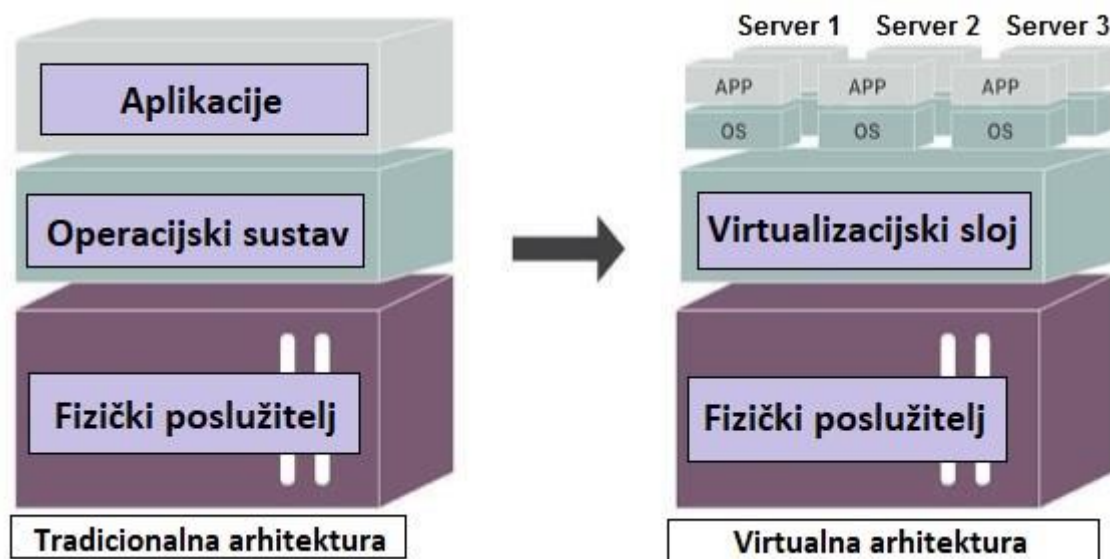
Druga cloud usluga koju nudi Srce su Virtualne učionice i laboratoriji (eng. Virtual Computing Lab, VCL). Ova je usluga namijenjena djelatnicima ustanova iz sustava znanosti i visokog obrazovanja koji je mogu koristiti za pripremu i provođenje laboratorijskih vježbi i radionica. Slike su VCL-ova primarna valuta, one su softverski skupovi („bare-metal“ ili virtualni) (ibm.com, n.d.). One „znaju“ tko ih koristi, koliko licenci mogu koristiti, kako se

obraniti, kojim podacima pristupiti itd. Djelatnici mogu, bez administratorske intervencije, stvoriti i upravljati vlastitim slikama virtualnih poslužitelja.

### 3.3. Arhitekture računalstva u oblaku za sveučilišne informacijske potrebe

Kod donošenja odluka oko arhitekture sustava potrebno je pažljivo analizirati korisničke zahtjeve. Odluka mora biti u skladu sa trenutnim potrebama i budućim razvojem.

VPS arhitektura se temelji na virtualizaciji operativnog sustava koja pruža najučinkovitije korištenje hardvera, softvera i resursa poslužitelja. Svaki VPS radi potpuno neovisno o drugom. Davatelj usluga hostinga koristi virtualizacijski softver hipervizor za razdvajanje jednog fizičkog poslužitelja u više virtualnih poslužitelja koji dijele resurse (blog.resellerclub.com, 2019). Hipervizor djeluje kao virtualizacijski sloj. On izvlači resurse na fizičkom poslužitelju i omogućuje korisnicima pristup virtualnoj kopiji originalnog poslužitelja. Ovaj poslužitelj poznat je kao virtualni stroj (VM) (blog.resellerclub.com, 2019). Svaki VM ima svoje namjenske resurse kao što su CPU, RAM, OS i pojedinačne aplikacije.



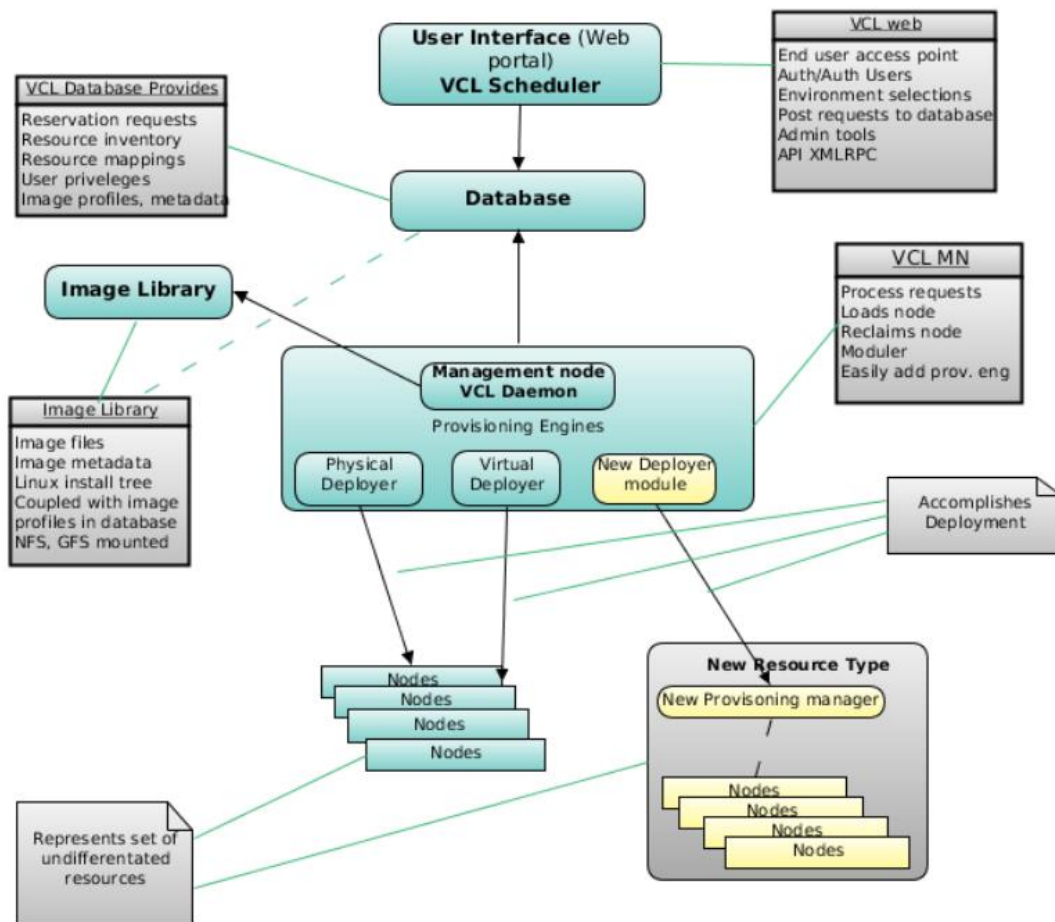
Slika 3. VPS Arhitektura (izrada autorice prema blog.resellerclub.com, 2019)

Na slici 3 je moguće vidjeti da je u virtualnoj arhitekturi jedan fizički poslužitelj podijeljen na tri odvojena poslužitelja i da postoji sloj virtualizacije između operativnog sustava i fizičkog poslužitelja.

VCL je usluga računalstva u oblaku koja nudi visoko skalabilno računalno okruženje u rasponu od ponude infrastrukture kao usluge (IaaS), do platforme kao usluge (PaaS), do softvera kao usluge (SaaS) i to putem slika softvera koje korisnici instaliraju na zahtjev.

VCL arhitektura se sastoji od tri glavne komponente:

- Web portal (front end) – Web aplikacija temeljena na PHP-u je srce VCL-a i pruža alate za traženje i upravljanje svim VCL resursima (vcl.wordpress.ncsu.edu, n.d.). Sve se transakcije odvijaju zajedno sa bazom podataka.
- Baza podataka – Sadrži sve podatke koji se odnose na VCL rezervacije, kontrole pristupa, inventar stroja i okruženja, povijest logiranja itd. (vcl.wordpress.ncsu.edu, n.d.).
- Upravljački čvor (back end) – Može postojati više upravljačkih čvorova. Svaki upravljački čvor kontrolira podskup VCL resursa kao što su fizički računalni čvorovi (eng. blades) ili virtualni strojevi. Obično postoji između 80-120 fizičkih računalnih čvorova (eng. blades) pod jednim upravljačkim čvorom (vcl.wordpress.ncsu.edu, n.d.).



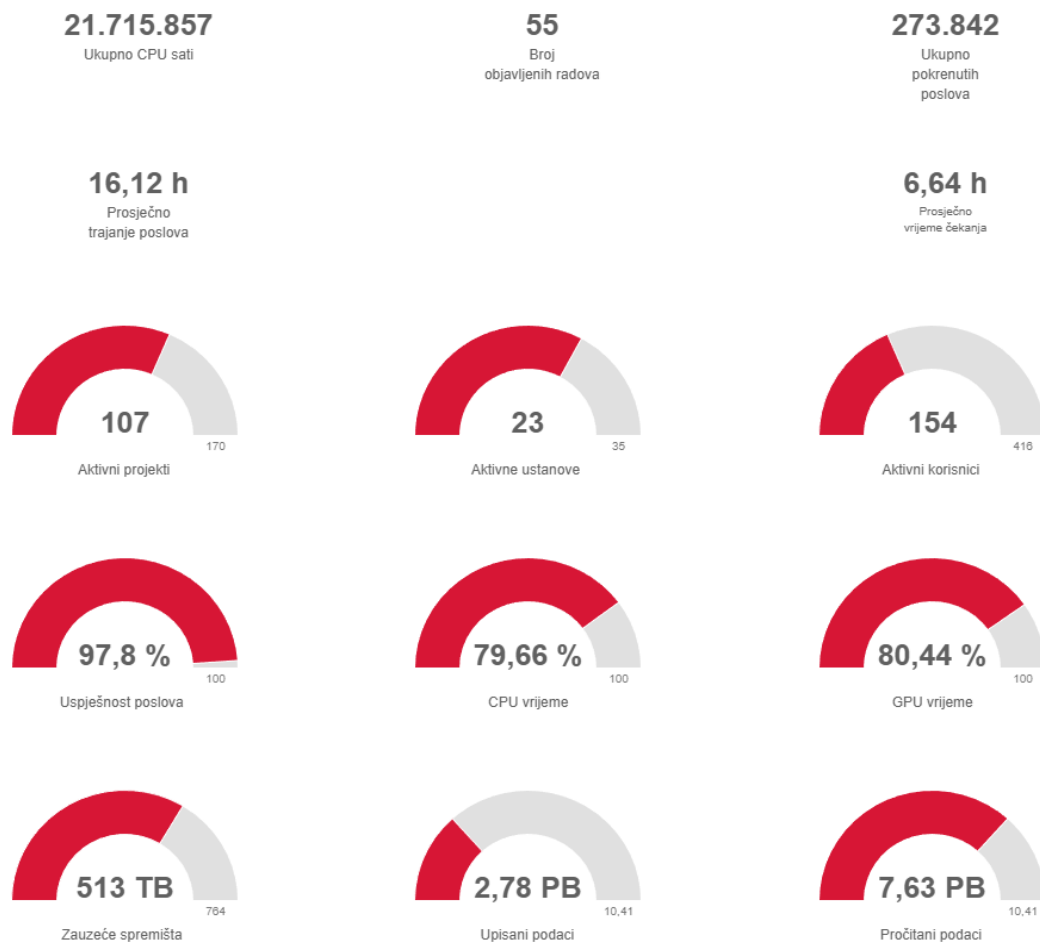
Slika 4. VCL Arhitektura (cwiki.apache.org, 2013)

## 4. Opis istraživanja i rezultati istraživanja

### 4.1. Klaster Isabella

Računalni klaster Isabella služi svim znanstvenicima i članovima akademske zajednice u Hrvatskoj koji imaju potrebu za zahtjevnim računanjem, paralelnim procesiranjem ili studiraju, odnosno obavljaju istraživanja u tom području (srce.unizg.hr, 2006). Isabella se sastoji od 135 računalnih čvorova koji korisnicima osiguravaju 270 CPU procesora, 3100 CPU procesorskih jezgri, 12 grafičkih procesora, 16 TB radne memorije i 756 TB dijeljenog podatkovnog prostora.

Slika 5 prikazuje da su resurse računalnog klastera Isabella, prema godišnjem izvještaju o korištenju računalnog klastera za 2021. godinu, koristile su 23 aktivne ustanove, 154 aktivnih korisnika na ukupno 107 aktivnih projekata, koji su rezultirali s 55 objavljenih radova.



Slika 5. Godišnji izvještaj - klaster Isabella (srce.unizg.hr, 2021)

	Ustanova	CPU vrijeme [h]	Broj poslova
1	Institut "Ruđer Bošković", Zagreb	12.098.400,79	80.407
2	Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku	3.030.415,68	19.944
3	Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb	1.323.224,38	5.787
4	Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split	1.298.924,14	300
5	Agronomski fakultet, Zagreb	875.486,97	8.256
6	Medicinski fakultet, Osijek	746.541,20	242
7	Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb	598.136,90	1.064
8	Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Zagreb	545.562,55	66.112
9	Institut za fiziku, Zagreb	443.372,24	80.836
10	Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb	250.544,86	1.114
11	Ostali (13)	420.684,83	6.941

Slika 6. CPU vrijeme po ustanovi (srce.unizg.hr, 2021)

Na slici 6 se vidi da su najviše procesorskih resursa tijekom 2021. godine iskoristili Institut „Ruđer Bošković”, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu.

#### 4.1.1. ScaleMP vSMP

U okviru nadogradnje 2014. godine je u računalni klaster Isabella uključen sustav ScaleMP koji omogućava spajanje više poslužitelja u jedno virtualno računalo. „Sustav ScaleMP je virtualno rješenje koje se koristi u HPC-u i koje omogućava povezivanje više fizičkih radnih čvorova u jedan veliki virtualni radni čvor“ (wiki.srce.hr, 2020). Hipervizor ScaleMP funkcionira obrnuto od klasičnog hipervizora. Dok klasični hipervizor omogućava kreiranje više virtualnih računala od koje svako ima podskup resursa jednog fizičkog računala, hipervizor ScaleMP resurse više fizičkih računala spaja u jedno veliko virtualno računalo. vSMP softver pruža okosnicu za stvaranje velikog sustava zajedničke memorije. Korištenjem glavnog čvora i više podređenih čvorova, može izgraditi jedan virtualni SMP stroj na više podijeljenih čvorova, pružajući jedan OS i popratno okruženje.

#### 4.1.2. Usluge

Računala se najčešće povezuju u klastere s ciljem osiguravanja veće pouzdanosti ili većih performansi u odnosu na pojedino računalo. Računalni klaster Isabella spada u klastere s visokom učinkovitošću (eng. High Performance Computing, HPC), odnosno Beowulf HPC klastere. High Performance Computing pruža istraživačima resurse koji su im potrebni da odgovore na složena pitanja u znanosti, inženjerstvu i matematici što znači da velik broj zaposlenika sveučilišta, skupa sa studentima može imati koristi od HPC-a. Svako sveučilište ima drugačiji pristup osiguravanja HPC resursa i svako podržava različite vrste istraživanja. Računalni klaster Isabella se može koristiti za projekte kao što su: proučavanje biomakromolekula računalnim metodama i razvoj novih algoritama, računalno proučavanje strukture i funkcije proteina, modeliranje i međudjelovanje kompleksa prijelaznih metala i bioliganada, host-guest međudjelovanja u policikličkim sistemima i dr. (srce.unizg.hr, n.d.).

## 4.2. Cloud Computing

Srce od 2012. godine nudi dvije usluge vezane uz cloud computing: Virtual Computing Lab i Virtual Private Server koje su sveučilištima omogućile da svoje servere presele u oblak. Pošto su obje usluge besplatne njihovo korištenje smanjuje troškove sveučilišta. Uz smanjene troškove, dodatne prednosti korištenja računalstva u oblaku za sveučilišta uključuju: veću pouzdanost rada poslužitelja, pomak fokusa s održavanja infrastrukture na upotrebu računalnih resursa, bolji odaziv poslužitelja u slučaju povećanih zahtjeva, fleksibilnost pri uporabi novih i proširenju postojećih računalnih resursa te bolju iskoristivost i konsolidaciju resursa. U slučaju da dođe do pada jedne virtualne mašine virtualizacija će podići drugu, a u slučaju da korisnik treba više resursa tada će ih morati zatražiti pošto dodjeljivanje dodatnih resursa ne ide automatski.

#### 4.2.1. Virtual Computing Lab (VCL)

VCL može biti mnogo stvari, prije svega to je sustav otvorenog koda koji se koristi za dinamičko pružanje i posredovanje udaljenog pristupa namjenskom računalnom okruženju za krajnjeg korisnika. VCL također može posredovati u pristupu samostalnim strojevima kao što su laboratorijska računala na sveučilišnom kampusu. To je usluga koja djelatnicima ustanova iz sustava znanosti i visokog obrazovanja omogućava upotrebu skupova virtualnih poslužitelja. Osim djelatnika, VCL uslugu mogu koristiti i studenti ustanova iz sustava znanosti i visokog obrazovanja, kao i vanjski suradnici ustanova iz sustava znanosti i visokog obrazovanja. Korisnici VCL uslugu smiju koristiti samo za potrebe aktivnosti na matičnoj ustanovi koja im je dala identitet u sustavu AAI@EduHR.



#### 4.2.2. Virtual Private Server (VPS)

Virtual Private Server je usluga koja ustanovama iz sustava znanosti i visokog obrazovanja omogućava upotrebu pojedinačnih virtualnih poslužitelja. Ova usluga koristi prednosti tehnologije virtualizacije kako bi razdvojila jedan fizički poslužitelj na više virtualnih poslužitelja, od kojih svaki funkcionira kao potpuni i neovisni poslužitelj. VPS se može osigurati brže od fizičkih poslužitelja, a uz to koristi i manje energije i hlađenja te tako podržava sveučilišna nastojanja održivosti.

### 4.3. HTC Cloud

HTC Cloud je nova usluga Srca zasnovana na računalstvu u oblaku koja pruža platformu za potrebe naprednog računanja i složenih analiza podataka. Ključ HTC-a je učinkovito upravljanje i iskorištavanje svih raspoloživih računalnih resursa. Koristeći ovu uslugu korisnici mogu na jednostavan i fleksibilan način pokrenuti proizvoljne programske sustave i aplikacije. HTC Cloud je uspostavljen na otvorenim sustavima OpenStack (posredničkom sustavu za računarstvo u oblaku) i Ceph (posredničkom sustavu za uspostavu raspodijeljenog spremišta) (wiki.srce.hr, 2021). HTC Cloud korisnicima pruža 600 procesorskih jezgri, 2400 virtualnih procesorskih jezgri te 150 TB podatkovnog spremišta. Ova je usluga namijenjena aplikacijama koje se ne mogu izvoditi na računalnom klasteru, poput sustava za obradu i analizu velikih podataka, interaktivnih aplikacija poput R Studija ili Jupyter Notebooksa ili bilo kojih računalno zahtjevnih aplikacija koje zahtijevaju interakciju korisnika u radu (wiki.srce.hr, 2021).

#### 4.3.1. Elastic Cloud Computing Cluster EC3

Elastični klaster računarstva u oblaku je alat koji korištenjem posredničkog sustava za računarstvo u oblaku (OpenStack) pokreće elastične virtualne klastere na usluzi HTC Cloud. EC3 može biti od velike koristi zbog svog dinamičkog načina upravljanja klastera gdje se u slučaju povećanja opterećenja automatski pokreću potrebni virtualni radni čvorovi, a onda se nakon definiranog razdoblja neaktivnost automatski gase. Ovo uvodi troškovno učinkovit pristup za računarstvo temeljeno na klasteru. EC3 softver je otvorenog koda te je objavljen pod licencom Apache 2.0 (servproject.i3m.upv.es, n.d.).

#### 4.3.2. Slika hpc-base

Slika hpc-base daje mogućnost korisniku za pokretanje poslužitelja na HTC Cloudu koji će s operacijskim sustavom CentOS 7 biti optimiziran za High Performance Computing. AOCC

(“AMD Optimizing C/C++ Compiler) je skup prevoditelja optimiziranih za korištenje na procesorima AMD EPYC koji je pripremljen na slici hpc-base. „AOCC se sastoji od prevoditelja C, C++ te Fortran“ (wiki.srce.hr, 2021). Osim toga, na slici hpc-base se nalaze i optimizirane numeričke knjižnice od kojih neke aplikacije mogu imati koristi. Uz pomoć alata Modulefiles moguće je postaviti okolinu za prevoditelje i knjižnice.

#### **4.4. Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak (HR-ZOO)**

Srce je 2012. godine imalo prijedlog projekta HR-ZOO. Plan je bio izgraditi mrežu podatkovnih centara u četiri grada (Osijek, Zagreb, Rijeka, Split). Glavni cilj ovog projekta je izgradnja računalnog i podatkovnog oblaka kao temeljne sastavnice nacionalne istraživačke i inovacijske e-infrastrukture (mzo.gov.hr, n.d.). Projekt se sastoji od tri glavne faze. Prva faza, planiranje i projektiranje je trajala od 2012. do 2013. godine. Ona je uključivala izradu projektne dokumentacije, izradu natječajne dokumentacije te izradu tehničkih specifikacija. Sljedeća faza je trajala od 2014. do 2015. godine. Faza realizacije je uključivala provedbu natječaja, uređenje, opremanje i puštanje u rad podatkovnih centara te uspostavu i puštanje u rad DWDM mreže CARNet. Produkcija je treća faza koja je uključivala servisne aktivnosti i obnovu računalne, spremišne i mrežne opreme. Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak je strateški projekt vrijedan 196, 8 milijuna kuna, a sufinanciran je iz Europskog fonda za regionalni razvoj u sklopu Operativnog programa „Konkurentnost i kohezija“ uz nacionalno sufinanciranje. Radovi opremanja i uređenja HR-ZOO sjedišta u Osijeku, Rijeci, Splitu te na lokaciji Borongaj u Zagrebu su završili tijekom 2021. godine. Projekt je trebao trajati do 1. rujna 2021. godine, ali će zbog administrativnih komplikacija povezanih s postupcima javne nabave trajati do 1. svibnja 2023. godine (srce-izvještaj2021, 2021).

Prednosti koje HR-ZOO donosi sustavu znanosti i obrazovanja u RH su brojne. Neke od njih uključuju: osiguranu naprednu temeljnu infrastrukturu za obrazovanje i istraživanja, maksimalnu iskorištenost nabavljenih resursa, racionalno korištenje sredstava na nacionalnoj razini, ljudske kapacitete za podršku istraživanjima i obrazovanju te relevantnost i kompatibilnost s europskim istraživačkim prostorom (ERA) i europskim prostorom visokog obrazovanja (EHEA). Istraživači bez obzira na zemljopisnu lokaciju i udaljenost od fizičkih resursa uz ovu naprednu i modernu e-infrastrukturu mogu međusobno surađivati. Kako bi se zadovoljile potrebe znanstvene i visokoškolske zajednice RH HR-ZOO nudi usluge računalstva u oblacima, zahtjevnog računalstva, udomljavanja IKT opreme, podatkovnih spremišta te savjetovanje i podršku u korištenju. Zahvaljujući HR-ZOO-u znanstvene i visokoobrazovne ustanove mogu ostati fokusirane na istraživačke i razvojne projekte u

svojem području znanosti i razvoj svojih djelatnosti, a brigu o e-infrastrukturi, njenom razvoju i učinkovitosti mogu prepustiti stručnjacima. Ovim projektom će se unaprijediti računalne usluge za znanstvena istraživanja i druge razvojne potrebe koje su već pružene akademskoj zajednici putem naprednih računalnih sustava, poput računalnog klastera Isabella i cloud usluga Srca.

#### **4.5. SRCE – budući razvoj Cloud Computinga**

Srce od svojeg osnutka svoje usluge gradi zbog potreba zajednice, ali isto tako je usmjereno i na komunikaciju i suradnju sa zajednicom. Ta komunikacija i suradnja je ključna za Srce, bez nje ostvarenje misije te postizanje zadanih ciljeva i rezultata ne bi bilo moguće. Tijekom 2021. godine je pokrenuta Inicijativa za Hrvatski oblak za otvorenu znanost (HR-OOZ). Cilj ove inicijative je kreiranje organizacijskog i tehnološkog okruženje koje potiče i omogućuje otvorenu znanost, osiguravajući resurse i usluge potrebne za prikupljanje, obradu i pohranu podataka, te održiv pristup i ponovnu uporabu i dijeljenje istraživačkih podataka u Republici Hrvatskoj (srce-izvještaj2021, 2021). HR-OOZ polazi od zajedničke želje za izgradnjom modernog, kvalitetnog, međunarodno relevantnog te kompetitivnog sustava znanosti u Hrvatskoj. Sustav znanosti bi trebao biti utemeljen na načelima otvorene znanosti te bi trebao biti usklađen i povezan s Europskim istraživačkim prostorom i relevantnim europskim inicijativama.

Osim toga, Srce radi i na daljnjem razvoju EOSC-ova portala kroz integraciju, konsolidaciju i povezivanje e-infrastruktura, istraživačke zajednice i inicijativa u otvoreni oblak. Srce će na EOSC Future projektu raditi do 31. kolovoza 2023. godine. EGI-ACE (EGI Advanced Computing for European Open Science Cloud) je još jedan međunarodni projekt koji ima za cilj osnažiti istraživače za preko prekograničnu suradnju u podatkovno intenzivnim istraživanjima putem besplatnih usluga na EOSC-ovoj računskoj platformi (srce-izvještaj2021, 2021). Plan je udružiti napredne računalne i spremišne resurse u oblaku, PaaS usluge i podatkovni prostor s analitičkim alatima te omogućiti federalni pristup uslugama. Ovaj će projekt trajati do 30. lipnja 2023. godine.

Uz redovne aktivnosti Srce stavlja velik naglasak i na razvojne aktivnosti pa će tako u budućnosti računalna i mrežna infrastruktura doživjeti značajne promjene koje su prvenstveno povezane s HR-ZOO projektom. Srce i u budućnosti planira održavanje i unapređivanje postojećih cloud usluga, kao i uvođenje novih cloud usluga kako bi se olakšalo studentima i djelatnicima ustanova iz sustava znanosti i visokog obrazovanja.

#### **4.6. Komercijalni servisi u oblaku za sveučilišnu zajednicu**

Infrastruktura računalstva u oblaku mora podržavati velik broj korisnika kako bi mogli pristupiti i koristiti istu aplikacijsku uslugu, uz elastičnu alokaciju resursa. Korištenjem softvera kao usluge (SaaS) tvrtke mogu pružiti usluge koje su isplative. Osim toga, aplikacije koje koriste virtualizirane IT usluge su općenito učinkovitije i bolje opremljene za odgovaranje zahtjeva korisnika. Profesori, studenti i djelatnici javnih učilišta i javnih znanstvenih instituta uz pomoć elektroničkog identiteta u sustavu AAI@EduHr mogu pristupiti skupu usluga koje nudi Microsoft Office 365. Usluge se nalaze u oblaku i pružaju mnoštvo funkcionalnosti, omogućavaju zajednički rad te 1 TB prostora za pohranu dokumenata. Korisnicima je omogućena i instalacija alata Office 365 ProPlus na pet računala i pet mobilnih uređaja (tableta, pametnih telefona) (srce.unizg.hr, n.d.).

Microsoft Office 365 nudi aplikacije kao što su PowerPoint, Word, Excel i OneNote kojima se može pristupiti od kuće s računala, s tableta ili pametnog telefona. Omogućen je i istovremeni rad više korisnika te je na taj način osiguran pristup datoteci koja uvijek ima ažurne podatke, a uz to je još moguće i pristupiti ranijim verzijama datoteke. Aplikacija Teams je u zadnje dvije godine bila od velike koristi profesorima i studentima. Pošto se komunikacija i dijeljenje sadržaja odvija u timovima, tim je potrebno ili stvoriti ili biti dodan u tim koji je netko drugi stvorio. Osoba koja je stvorila tim može upravljati timom, dodavati kanale, članove ili ih ukloniti. Teams omogućava komunikaciju putem poruka i putem sastanaka. Microsoftova tehnologija i usluge pomažu profesorima i studentima kako bi otključali svoj neograničeni potencijal.

## 5. Rasprava

Tehnološki napredak pružio je priliku za stvaranje potpuno novih okruženja za učenje. Računalstvo u oblaku je utjecalo na transformaciju brojnih ljudskih aktivnosti pa tako i obrazovanja. Fakulteti i sveučilišta su uvijek u potrazi za nadogradnjom svog softvera i hardvera kako bi privukli studente i držali korak s brzim razvojem digitalnih tehnologija. Računalstvo u oblaku je zapravo puno više od same virtualizacije te se zapravo radi o korištenju tehnologije „kao usluge“. Za razliku od klaster ili grid računalstva, gdje je naglasak na računskoj snazi za rješavanje problema, računalstvo u oblaku bavi se pružanjem usluga na zahtjev. Usluge računalstva u oblaku možemo kategorizirati u tri osnovna modela usluga: Softver kao uslugu (eng. Software as a service, SaaS), Platformu kao uslugu (eng. Platform as a Service, PaaS) i Infrastrukturu kao uslugu (eng. Infrastructure as a Service, IaaS). Za učinkovito korištenje usluga potrebno nam je vrlo malo znanja o pojedinostima o tome kako je određena usluga implementirana, na kojem hardveru, koliko CPU-a itd. Sve što je važno za korisnika je da dobro razumije što usluga nudi i kako upravljati samoposlužnim portalom.

Srce je infrastrukturna ustanova cijele akademske i istraživačke zajednice čija je temeljna i primarna svrha postojanja izgradnja i održavanje informacijske infrastrukture i usluga za potrebe ustanova i pojedinaca iz sustava znanosti i visokog obrazovanja u Republici Hrvatskoj. Srce je ostvarilo svoju predvodničku ulogu u izgradnji napredne nacionalne e-infrastrukture tako što je slušalo i pratilo potrebe zajednice za koju radi. Srce teži tome da napredne informacijske i komunikacijske tehnologije budu sveprisutne u društvu, a posebno u sustavu znanosti i obrazovanja. Jedan od mnogih ciljeva Srca uključuje omogućavanje akademskoj zajednici pristup najnovijim tehnologijama i informacijskim uslugama. Kako bi zadovoljilo zahtjeve i potrebe korisnika, Srce nudi niz usluga, a među njima su i usluge računalstva u oblacima. VCL i VPS usluge su dostupne bez naknade te tako osiguravaju uštede sveučilištima i drugim ustanovama koje ih koriste. Novi, veliki projekt Srca je HR-ZOO, projekt izgradnje računalnog i podatkovnog oblaka koji će unaprijediti računalne usluge za znanstvena istraživanja te omogućiti znanstvenim i visokoobrazovnim ustanovama da se fokusiraju na istraživačke i razvojne projekte bez da se brinu o e-infrastrukturi.

Za obrazovne institucije, uz sve prednosti računalstva u oblaku, naravno postoje i određena ograničenja među kojima su jedina dva prava ograničenja pristup internetu te vizija i volja sveučilišne uprave.

## 6. Zaključak

Razvoj tehnologije je doveo do brojnih novih dostignuća koja rastu velikom brzinom, sa velikom sposobnošću pojednostavljanja ljudskih života. Umrežavanje računala je dovelo do nekoliko novih napredaka u računalnim tehnologijama, a među njima je i računalstvo u oblaku. Računalstvo u oblaku se obično odnosi na pružanje usluge putem interneta, ali može se reći kako je to i realizacija kombiniranja mnogih postojećih tehnologija s novim idejama za stvaranje uspješnijih i učinkovitijih IT rješenja. Nekima se može činiti da se ova tehnologija pojavila niotkuda no povijest računalstva u oblaku je bogata. Ideja se prvi put javlja 1960-ih, ali je implementirana tek 1999. godine od strane Salesforce tvrtke. Prednosti kao što su učinkovitost, mobilnost, dostupnost usluga, pouzdanost i brza primjena su zaslužne za kontinuirani rast popularnosti računalstva u oblaku. Pružanje usluge na zahtjev korisnika, širok mrežni pristup, udruživanje resursa, brza elastičnost i odmjerena usluga su osnovne karakteristike računalstva u oblaku. Razlikuju se četiri vrste oblaka: javni oblak, privatni oblak, hibridni oblak i oblak zajednice.

Osim što se računalstvo u oblaku sve više koristi u poslovanju, koristi se sve više i u obrazovanju. Danas sve više studenti, profesori i djelatnici ustanova iz sustava znanosti i visokog obrazovanja koriste besplatne ili jeftine usluge temeljene na oblaku. Računalstvo u oblaku studentima omogućuje veću povezanost sa drugim studentima, pristup zadaći, materijalima sa predavanja, ocjenama i drugim željenim informacijama. Također, profesorima olakšava planiranje nastave te trenutno učitavanje materijala za učenje, a administratorima omogućuje jednostavnu međusobnu suradnju. Osim što računalstvo u oblaku može sveučilištima osigurati kvalitetan poslovni proces ono također može potaknuti na stvaranje novih ideja, misli i znanja te dijeljene istih.

Srce je računski centar i središte je nacionalne e-infrastrukturne koje stavlja veliki naglasak na razvojne aktivnosti. Srce svojim korisnicima omogućava pristup velikom broju usluga bez obzira na lokaciju i korišteni uređaj. Kroz kontinuirani rad i usluge Srca je vidljivo koliko računalstvo u oblaku poboljšava obrazovni sektor te koliko je bitno da napredne informacijske i komunikacijske tehnologije budu sveprisutne u društvu.

## Literatura

1. Aaqib, R., Amit, C. (2019). Cloud Computing Characteristics and Services: A Brief Review. *International Journal of Computer Sciences and Engineering* [online], 7(2), 421-426. Dostupno na: [https://www.ijcseonline.org/pdf\\_paper\\_view.php?paper\\_id=3680&70-IJCSE-05826.pdf](https://www.ijcseonline.org/pdf_paper_view.php?paper_id=3680&70-IJCSE-05826.pdf) [pristupljeno: 15.08.2022.]
2. Biswas, S. (2011). A History of Cloud Computing. Dostupno na: <https://cloudtweaks.com/2011/02/a-history-of-cloud-computing/> [pristupljeno: 14.08.2022.]
3. CARNet (2010). Cloud computing. Dostupno na: <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2010-03-293.pdf> [pristupljeno: 15.08.2022.]
4. Chandrasekaran, K. (2015). *Essentials of Cloud Computing* [online]. United States of America: CRC Press. Dostupno na: <https://ug1lib.org/book/2624745/8acec6> [pristupljeno: 15.08.2022.]
5. Cloudify (2022). Hybrid Cloud Deployment Models And Methods. Dostupno na: <https://cloudify.co/blog/hybrid-cloud-deployment-models-and-methods/> [pristupljeno: 15.08.2022.]
6. Čendo Metzinger, T., Toth, M. (2020). *Metodologija istraživačkog rada za stručne studije* [online]. Velika Gorica: Veleučilište Velika Gorica. Dostupno na: <https://www.vvg.hr/app/uploads/2020/03/METODOLOGIJA-ISTRA%C5%BDIVA%C4%8CKOG-RADA-ZA-STRU%C4%8CNE-STUDIJE.pdf> [pristupljeno: 14.08.2022.]
7. EC3: Elastic Cloud Computing Cluster (n.d.). Cluster as a Service: Deploy Virtual Elastic Clusters on the Cloud. Dostupno na: <https://servproject.i3m.upv.es/ec3/> [pristupljeno: 12.09.2022.]
8. Foote, K. D. (2021). A Brief History of Cloud Computing. Dostupno na: <https://www.dataversity.net/brief-history-cloud-computing/#> [pristupljeno: 14.08.2022.]
9. GeeksforGeeks (2021). History of Cloud Computing. Dostupno na: <https://www.geeksforgeeks.org/history-of-cloud-computing/> [pristupljeno: 14.08.2022.]

10. Imamagić, E. (n.d.). Korištenje računalnog klastera Isabella. Dostupno na: [https://www.srce.unizg.hr/files/srce/docs/isabella/cro-  
ngi/radionice/koristenje\\_racunalnog\\_klastera\\_isabella-2.pdf](https://www.srce.unizg.hr/files/srce/docs/isabella/cro-<br/>ngi/radionice/koristenje_racunalnog_klastera_isabella-2.pdf) [pristupljeno: 21.08.2022.]
11. Imamagić, E. (2021). HTC Cloud. Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/display/CRONGI/HTC+Cloud> [pristupljeno: 18.08.2022.]
12. Javatpoint (n.d.). Cloud Computing Architecture. Dostupno na: <https://www.javatpoint.com/cloud-computing-architecture> [pristupljeno: 15.08.2022.]
13. Javatpoint (n.d.). Cloud Computing Technologies. Dostupno na: <https://www.javatpoint.com/cloud-computing-technologies> [pristupljeno: 15.08.2022.]
14. Javatpoint (n.d.). History of Cloud Computing. Dostupno na: <https://www.javatpoint.com/history-of-cloud-computing> [pristupljeno: 14.08.2022.]
15. Javatpoint (n.d.). Service Oriented Architecture (SOA). Dostupno na: <https://www.javatpoint.com/service-oriented-architecture> [pristupljeno: 14.08.2022.]
16. Jones, T. (2020). 8 key characteristics of cloud computing. Dostupno na: [https://www.techtarget.com/searchcloudcomputing/feature/7-key-characteristics-of-  
cloud-computing](https://www.techtarget.com/searchcloudcomputing/feature/7-key-characteristics-of-<br/>cloud-computing) [pristupljeno: 14.08.2022.]
17. Mell, P., Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing, NIST SP 800-145*. Computer Security Division, Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology: Gaithersburg, MD. Dostupno na: <http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf> [pristupljeno: 14.08.2022.]
18. Milas, G. (2005). *Istraživačke metode u psihologiji i drugim društvenim znanostima*. Jastrebarsko: Naklada Slap. [pristupljeno: 14.08.2022.]
19. Ministarstvo znanosti i obrazovanja (n.d.). HR-ZOO - Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak. Dostupno na: <https://mzo.gov.hr/print.aspx?id=828&url=print> [pristupljeno: 23.08.2022.]
20. NC State University (n.d.). VCL: How It Works. Dostupno na: <https://vcl.wordpress.ncsu.edu/get-help/documentation/how-it-works/> [pristupljeno: 20.08.2022.]
21. Rako I. (n.d.). Cloud usluge VPS i VCL. Dostupno na: [https://www.srce.unizg.hr/files/srce/docs/isabella/cro-  
ngi/Dan\\_E\\_INFRA/cloud-  
usluge-vps-i-vcl-rako.pdf](https://www.srce.unizg.hr/files/srce/docs/isabella/cro-<br/>ngi/Dan_E_INFRA/cloud-<br/>usluge-vps-i-vcl-rako.pdf) [pristupljeno: 16.08.2022.]



22. Resellerclub (2019). Understanding the Architecture and Setup of VPS Hosting.  
Dostupno na: <https://blog.resellerclub.com/how-does-vps-hosting-work-and-how-to-setup-a-vps-server/> [pristupljeno: 18.08.2022.]
23. Rittinghouse, J. W., Ransome, J. F. (2009). *Cloud Computing Implementation, Management and Security* [online]. United States of America: CRC Press. Dostupno na: <https://ug1lib.org/book/634400/da6aee> [pristupljeno: 14.08.2022.]
24. Srce (n.d.). Microsoft Office 365. Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/office365> [pristupljeno: 25.08.2022.]
25. Srce (2006). Srce novosti broj 13. Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/files/srce/docs/o-srce/Srce-novosti/sn13.pdf> [pristupljeno: 20.08.2022.]
26. Srce (2021). Izvještaj o radu Sveučilišnog računalnog centra za 2021. godinu. Dostupno na: <file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/srce-izvjestaj2021.pdf> [pristupljeno: 23.08.2022.]
27. Stilinović, T. (2020). ScaleMP vSMP. Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/display/RKI/ScaleMP+vSMP> [pristupljeno: 20.08.2022.]
28. Vouk, M. A. (n.d.). Cloud Computing – VCL. Dostupno na: <https://www.ibm.com/ibm/cioleadershipexchange/us/en/pdfs/Vouk.pdf> [pristupljeno: 16.08.2022.]
29. Vujević, M. (2006). *Uvođenje u znanstveni rad u području društvenih znanosti*. Zagreb: Školska knjiga. [pristupljeno: 14.08.2022.]

## Popis slika

Slika 1. Cloud Computing (izrada autorice prema geeksforgeeks, 2021) .....	4
Slika 2. Arhitektura Cloud Computinga (izrada autorice prema javapoint.com, n.d.).....	8
Slika 3. VPS Arhitektura (izrada autorice prema blog.resellerclub.com, 2019).....	11
Slika 4. VCL Arhitektura (cwiki.apache.org, 2013) .....	12
Slika 5. Godišnji izvještaj - klaster Isabella (srce.unizg.hr, 2021).....	13
Slika 6. CPU vrijeme po ustanovi (srce.unizg.hr, 2021) .....	14