

# ARHITEKTURA RAČUNALSTVA U OBLAKU: SLUČAJ KORIŠTENJA SVEUČILIŠNE RAČUNALNE INFRASTRUKTURE U RH

---

Pavleković, Manuela

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:145:155370>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-28**



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

Manuela Pavleković

**ARHITEKTURA RAČUNALSTVA U OBLAKU: SLUČAJ  
KORIŠTENJA SVEUČILIŠNE RAČUNALNE  
INFRASTRUKTURE U RH**

Završni rad

**Kolegij: Upravljanje informacijskim resursima**

JMBAG:00102225296

e-mail: mpavlekovic@efos.hr

Mentor: Prof. dr. sc. Josip Mesarić

Osijek, 2022.

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Economics in Osijek  
Undergraduate study (Business Informatics)

Manuela Pavleković

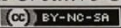
**CLOUD COMPUTING ARCHITECTURE: CASE OF USING  
UNIVERSITY COMPUTER INFRASTRUCTURE IN  
REPUBLIC OF CROATIA**

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 (navesti vrstu rada: završni / diplomski / specijalistički / doktorski) 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:** Manuela Pavleковиć

**JMBAG:** 00102225296

**OIB:** 31714504738

**e-mail za kontakt:** manuela.pavlekovic@gmail.com

**Naziv studija:** Preddiplomski sveučilišni studij poslovna ekonomija, smjer: poslovna informatika

**Naslov rada:** Arhitektura računalstva u oblaku: slučaj korištenja sveučilišne računalne infrastrukture

**Mentor diplomskog rada:** Prof. dr. sc. Josip Mesarić

U Osijeku, 07. 09. 2022. godine

Potpis Manuela Pavleковиć

## Sažetak

U ovom završnom radu objašnjeno je što je to računalstvo u oblaku te su objašnjene različite vrste računalstva u oblaku, različite arhitekture oblaka koje se koriste (privatni, hibridni i javni oblak), kao i razlike između vrsta modela usluga koje se nude u oblaku (IaaS, PaaS i SaaS). Objašnjene su prednosti i nedostaci vrsta arhitektura oblaka te prednosti i nedostaci korištenja različitih vrsta modela usluga u oblaku. Zatim je objašnjena povijest i svrha Sveučilišnog računskog centra Sveučilišta u Zagrebu kao i njegove najznačajnije usluge vezane za računalstvo u oblaku koje su dostupne svim akademskim građanima Republike Hrvatske. Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak je projekt unutar Srca kojemu je cilj izgradnja računalnog i podatkovnog oblaka što će modernizirati i decentralizirati znanstveni oblak u Republici Hrvatskoj. Isabella je klaster računala u sklopu Srca koji služi za analizu i obradu podataka u sklopu znanstvenih radova. Hrvatska nacionalna grid infrastruktura je sustav distribuiranih računalnih čvorova u znanstvenim ustanovama i ustanovama visokog obrazovanja koja nudi usluge HTC Cloud za pružanje usluga računarstva visoke učinkovitosti te JupyterLab servisi koji pružaju mogućnost pisanja i izvršavanja računalnog koda i analizu podataka. Naposljetku su objašnjene usluge Srca za računalstvo u oblacima koje uključuju virtualne privatne poslužitelje kao i virtualne učionice i laboratorije namijenjene studentima, profesorima i asistentima na visokim učilištima.

**Ključne riječi:** oblak, arhitektura, SRCE, Isabella, IaaS, PaaS, SaaS, infrastruktura, privatni oblak, javni oblak, hibridni oblak

## **Abstract**

The main goal of this paper was to explain what cloud computing is in general as well as giving an insight into different types of cloud architectures offered today (private, public and hybrid architectures). Further it is explained what the differences between the three types of cloud service models (Infrastructure as a service, Platform as a service and Software as a service) are. What is also explained are the advantages and disadvantages of different types of cloud architectures in addition to the advantages and disadvantages of using the different types of cloud computing service models. Next, there is an explanation of the history and the purpose of the University Computing Centre SRCE of University of Zagreb along with the description of its most prominent cloud computing services which are available to all of the members of higher education in the Republic of Croatia. Croatian Scientific and Educational Cloud is a project within SRCE with the goal of developing new computing and storage clouds which will modernize and decentralize the cloud infrastructure used for scientific purposes in Croatia. Isabella is a cluster of computers in SRCE used for processing and analyzing data in scientific papers. Croatian National Grid Infrastructure is a network of distributed computer nodes located in various scientific and higher-educational institutions which provides the service of high-throughput cloud computing (called appropriately HTC Cloud) as well as JupyterLab service which enables the users to type and execute their own code as well as do data analysis. Finally, there is a description of the SRCE cloud computing services Virtual Private Servers and Virtual Classrooms and Laboratories which, as the name suggests, offer the services of virtual private servers along with virtual classrooms and laboratories to students, professors and teaching assistants in higher education.

**Keywords:** cloud, computing, architecture, SRCE, Isabella, IaaS, PaaS, SaaS, infrastructure, private cloud, public cloud, hybrid cloud

# Kazalo

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Uvod</b> .....                                              | <b>1</b>  |
| <b>2. Metodologija rada</b> .....                                 | <b>2</b>  |
| <b>3. Računalstvo u oblaku</b> .....                              | <b>3</b>  |
| <b>4. Vrste arhitekture računalstva u oblaku</b> .....            | <b>4</b>  |
| <b>4.1. Arhitektura javnog oblaka</b> .....                       | <b>4</b>  |
| <b>4.2. Model privatnog oblaka</b> .....                          | <b>6</b>  |
| <b>4.3. Model hibridnog oblaka</b> .....                          | <b>8</b>  |
| <b>5. Modeli usluga infrastrukture</b> .....                      | <b>9</b>  |
| <b>5.1. Infrastruktura kao usluga</b> .....                       | <b>12</b> |
| 5.1.1. Karakteristike IaaS modela .....                           | 12        |
| <b>5.2. Platforma kao usluga</b> .....                            | <b>14</b> |
| 5.2.1. Karakteristike PaaS modela .....                           | 14        |
| <b>5.3 Softver kao usluga</b> .....                               | <b>16</b> |
| 5.3.1. Prednosti i mane SaaS modela .....                         | 16        |
| <b>6. Sveučilišni računski centar Sveučilišta u Zagrebu</b> ..... | <b>19</b> |
| <b>7. Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak</b> .....             | <b>20</b> |
| <b>8. Računalni klaster Isabella</b> .....                        | <b>21</b> |
| <b>8. Hrvatska nacionalna grid infrastruktura</b> .....           | <b>22</b> |
| <b>8.1. HTC Cloud</b> .....                                       | <b>22</b> |
| <b>8.2. JupyterLab servisi</b> .....                              | <b>25</b> |
| <b>9. Srce računarstvo u oblacima</b> .....                       | <b>26</b> |
| <b>10. Zaključak</b> .....                                        | <b>28</b> |
| <b>11. Literatura</b> .....                                       | <b>29</b> |

# 1. Uvod

Računalstvo u oblaku je platforma koja sadrži virtualizaciju, implementaciju na zahtjev, isporuke na internetu te softver otvorenog koda. U modernom svijetu tvrtke više ne moraju imati vlastite poslužitelje na kojima pohranjuju vlastite resurse već je moguće iznajmljivati podatkovni prostor, procesorsku snagu pa i cjelokupne aplikacije od trećeg dobavljača koji se brine o održavanju cjelokupnog sustava dok klijenti moraju samo brinuti o korištenju njihovih usluga. Sustavi računalstva u oblaku se mogu dijeliti na vrstu arhitekture i vrstu usluge koje nude. S obzirom na vrstu arhitekture dijele se na javni, hibridni i privatni oblak, dok se s obzirom na vrstu usluge dijele na infrastrukturu, platformu ili software kao uslugu. U Hrvatskoj sveučilišta također koriste usluge u oblaku te im u tome služi CARNET (Croatian Academic and Research Network tj. Hrvatska akademska i istraživačka mreža) kao mreža i SRCE (Sveučilišni računalni centar) kao centar za usluge u računalstvu.

U Hrvatskoj postoji 12 Sveučilišta, 17 veleučilišta, 65 fakulteta, 18 visokih škola, te velik broj srednjih i osnovnih škola koje na neki način moraju koristiti usluge računalstva u oblaku. (Agencija za znanost i visoko obrazovanje, 2017).

Osnovne i srednje škole između ostalog koriste aplikacije e-upisi, e-dnevnik te e-matica kao jedne od osnovnih usluga računalstva u oblaku.

Cilj ovog rada je prikazati općenitu arhitekturu računalstva u oblaku, usporediti vrste arhitekture i modele usluge računarstva u oblaku, odrediti njihove međusobne prednosti i mane te dati uvid u postojeću arhitekturu i usluge oblaka koje su dostupne unutar visokoškolskog obrazovnog sustava u Republici Hrvatskoj.

Rad sadrži 10 točaka u kojima se opisuje arhitektura računalstva u oblaku općenito, što predstavlja i od kojih dijelova se sastoji. Zatim se opisuju razlike između različitih vrsta arhitekture i modela usluga infrastrukture. Uspoređuju se javni, privatni i hibridni oblici oblaka te se opisuju njihove pojedinačne prednosti i mane. U sljedećem poglavlju se uspoređuju različiti modeli usluga infrastrukture oblaka IaaS, PaaS i SaaS. Također, opisuju se prednosti i mane za svaki model. Nakon toga se opisuje stanje infrastrukture oblaka u Hrvatskoj, Sveučilišni računski centar Sveučilišta u Zagrebu te sve usluge koje on nudi, kao i opis glavnih usluga oblaka koje su dostupne akademskim građanima Republike Hrvatske: računalni klaster Isabella, usluge u sklopu Hrvatske nacionalne grid infrastrukture, usluge u sklopu Srce računarstva u oblacima, te projekt Hrvatskog znanstvenog i obrazovnog oblaka.



## 2. Metodologija rada

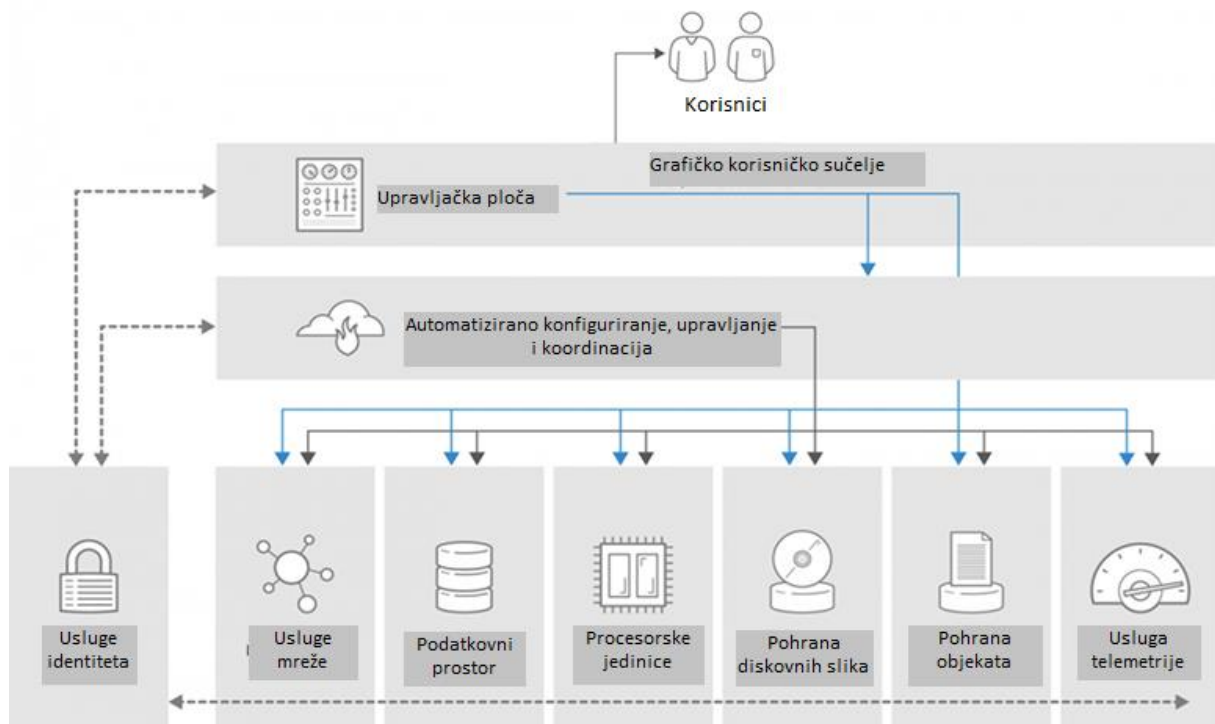
U ovom radu predmet istraživanja je Arhitektura računalstva u oblaku u kojem se navode definicije, objašnjenja zatim vrste te usporedbe. Svrha rada je detaljno analiziranje arhitekture računalstva u oblaku te proučavanje računalnih infrastrukture u Republici Hrvatskoj.

Metode koje su korištene u ovom radu su metoda deskripcije u kojem se detaljno opisuje arhitektura računalstva, modeli usluga te računalna infrastruktura u RH. Korišteno je tzv. „istraživanje za stolom“ (eng. desk research) u kojem je na temelju javno dostupnih podataka opisana arhitektura u oblaku sveučilišne računalne infrastrukture u Republici Hrvatskoj, njezine karakteristike i značaj za korisnike kao i ograničenja postojeće razine sustava. Također je korištena metoda klasifikacije temeljem čega su vrste arhitektura i modeli usluga infrastruktura raspoređene u tipične kategorije, metoda kompilacije kojom su podaci vezani uz arhitekturu prikupljeni iz različitih pouzdanih internetskih stranica i izvještaja. Korištena je komparativna metoda u kojem se uspoređuju različiti modeli usluga infrastrukture oblaka.

### 3. Računalstvo u oblaku

Računalstvo u oblaku je platforma koja se temelji na trendovima smanjenja troškova pružanja usluga dok povećava brzinu i agilnost s kojima su usluge raspoređene. Uključuje virtualizaciju, implementaciju na zahtjev (eng. on-demand deployment), Internet isporuka usluga te softver otvorenog koda (eng. open source software). Iz jedne perspektive računalstvo u oblaku se ne smatra novim pojmom u današnjem svijetu moderne tehnologije jer upotrebljava pristupe, koncepte i najbolje prakse koji su već uspostavljeni dok s drugog aspekta računalstvo u oblaku se mijenja kako se osmišljavaju, razvijaju, raspoređuju, mjere, nadograđuju, održavaju i plaćaju za aplikacije i općenito infrastrukturu na kojoj se pokreće. (Jason Carolan, 2009).

Na slici 1. prikazana je opća arhitektura računalstva u oblaku.



Slika 1: Prikaz arhitekture računalstva u oblaku

Izvor: (Red Hat, 2019)

## 4. Vrste arhitekture računalstva u oblaku

U osnovi postoje tri različita modela računarstva u oblaku: model javnog oblaka (eng. public cloud architecture), model privatnog oblaka (eng. private cloud architecture), te model hibridnog oblaka koji kombinira elemente javnog i privatnog oblaka. Ovisno o potrebama i vrstama problema koje klijenti žele riješiti, koriste određeni model računarstva u oblaku. Također, ukoliko klijentima niti jedan model ne zadovoljava njihove potrebe, mogu kombinirati različite modele računarstva u oblaku (u tom slučaju koriste hibridni model) ili kombiniraju računalni oblak s klasičnim modelom korištenja vlastitog poslužitelja. Svaki model računarstva u oblaku ima svoje prednosti i mane. (Jason Carolan, 2009).

### 4.1. Arhitektura javnog oblaka

Za razliku od klasičnog modela gdje su pojedinci i tvrtke razvijali vlastite računalne usluge te ih izvršavali na vlastitim poslužiteljima, kod modela javnog oblaka koriste se računalne usluge koje je razvila treća strana (pojedinaac ili tvrtka) te se iste usluge također nalaze na poslužiteljima te iste treće strane. To znači da klijent nema fizički pristup poslužiteljima na kojima se usluge nalaze već koristi vlastito računalo kako bi preko interneta pristupio uslugama koje su mu potrebne, odnosno koje je kupio. Usluge mogu biti plaćene ili besplatne, to ovisi o pružatelju. Računalne usluge u oblaku mogu biti računalne aplikacije, pohrana podataka, baze podataka, analiza podataka, umrežavanje i umjetna inteligencija. Klijenti uslugama u oblaku pristupaju preko internetske mreže koristeći vlastita računala. (Red Hat , 2018) Slika 2 prikazuje primjer IBM-ove arhitekture javnog računalnog oblaka. Sastoji se od više komponenti (IBM, 2022):

- komponenta za upravljanje platformom,
- pohrana i podaci,
- računalna jedinica,
- servisi za upravljanje računalnom imovinom<sup>1</sup>,
- komponenta za upravljanje izvedbenim vremenom,
- komponenta za mrežu,

---

<sup>1</sup> U ovome primjeru „računalna imovina“ predstavljaju sigurnosni ključevi, tablice IP (internet protokol) adresa, digitalni certifikati i SSH protokol za sigurnu komunikaciju

- komponenta za sigurnost,
- komponenta za upravljanje oblakom.

Na slici 2. prikazan je javni oblak IBM-a.



Slika 2: Prikaz IBM-ovog javnog oblaka

Izvor: (IBM, 2022)

Prema Neenan i suradnicima (2020), (vlastiti prijevod) ovaj model kao i svi koji će biti analizirani, ima neke prednosti i neke nedostatke. Prema navedenom izvoru, prednosti javnog oblaka su (Neenan, et al., 2020):

- Omogućava klijentima pristup novim tehnologijama. Organizacije koje koriste usluge od velikih pružatelja imaju pristup najnovijoj tehnologiji, kao što su strojno učenje i umjetna inteligencija.
- Osigurava virtualno neograničenu skalabilnost, jer kako se povećavaju korisnički zahtjevi tako se trenutačno povećaju kapacitet i resursi u oblaku.
- Fleksibilnost. Jednostavna pohrana i pristup velikom broju podataka.
- Analitika. Organizacije mogu prikupljati metriku podataka i analizirati ih.
- Pristup pouzdanoj arhitekturi.
- Nepotrebno održavanje poslužitelja od strane korisnika.

Nedostatci javnog oblaka prema (Neenan, et al., 2020) su:

- Troškovi održavanja koji mogu izbjeći kontroli. Modeli plaćanja u nekim slučajevima mogu biti složeni te klijenti mogu imati problema s praćenjem koliko troše na uslugu oblaka.
- Postoji manjak stručnjaka koji znaju raditi s oblakom.
- Ograničena upravljivost. Za razliku od klasičnog modela, kod usluge javnog oblaka pružatelj usluge određuje kako i kada će klijent upravljati konfiguracijama oblaka.
- Ograničena korisnička podrška.

## 4.2. Model privatnog oblaka

Za razliku od modela javnog oblaka gdje računalnim resursima imaju pristup svi korisnici oblaka, kod modela privatnog oblaka pristup resursima ima samo jedan klijent. Međutim, to ne znači nužno da se računalni resursi nalaze na jednome mjestu. Oni mogu biti distribuirani na više lokacija ili na jednoj lokaciji (kod klijenta, kod pružatelja usluge oblaka ili na trećoj lokaciji), ali klijent iz svoje perspektive vidi računalne resurse kao jednu cjelinu. Najbitnija činjenica jest to da nitko drugi nema niti smije imati pristup računalnim resursima klijenta koji zakupljuje privatni oblak. To znači da ukoliko pružatelj usluge oblaka ima više klijenata, na razini sloja sklopovlja svaki klijent mora biti odvojen (za razliku od javnog oblaka). Privatni oblaci dva klijenta ne smiju se nalaziti na istom sklopovlju. (VMware, Inc., n.d.).

Klijent se mora pobrinuti (i odgovoran je) za održavanje i upravljanje privatnim oblakom, za razliku od javnog oblaka gdje je to odgovornost pružatelja usluge. To znači da klijent mora osigurati osoblje koje će održavati privatni oblak, provoditi nadogradnje, brinuti se o zakrparama sustava, instalirati potreban međusoftver, te upravljati aplikacijama instaliranim u oblaku. U tome pogledu privatni oblak je sličan klasičnoj infrastrukturi gdje klijent posjeduje vlastite poslužitelje. (VMware, Inc., n.d.).

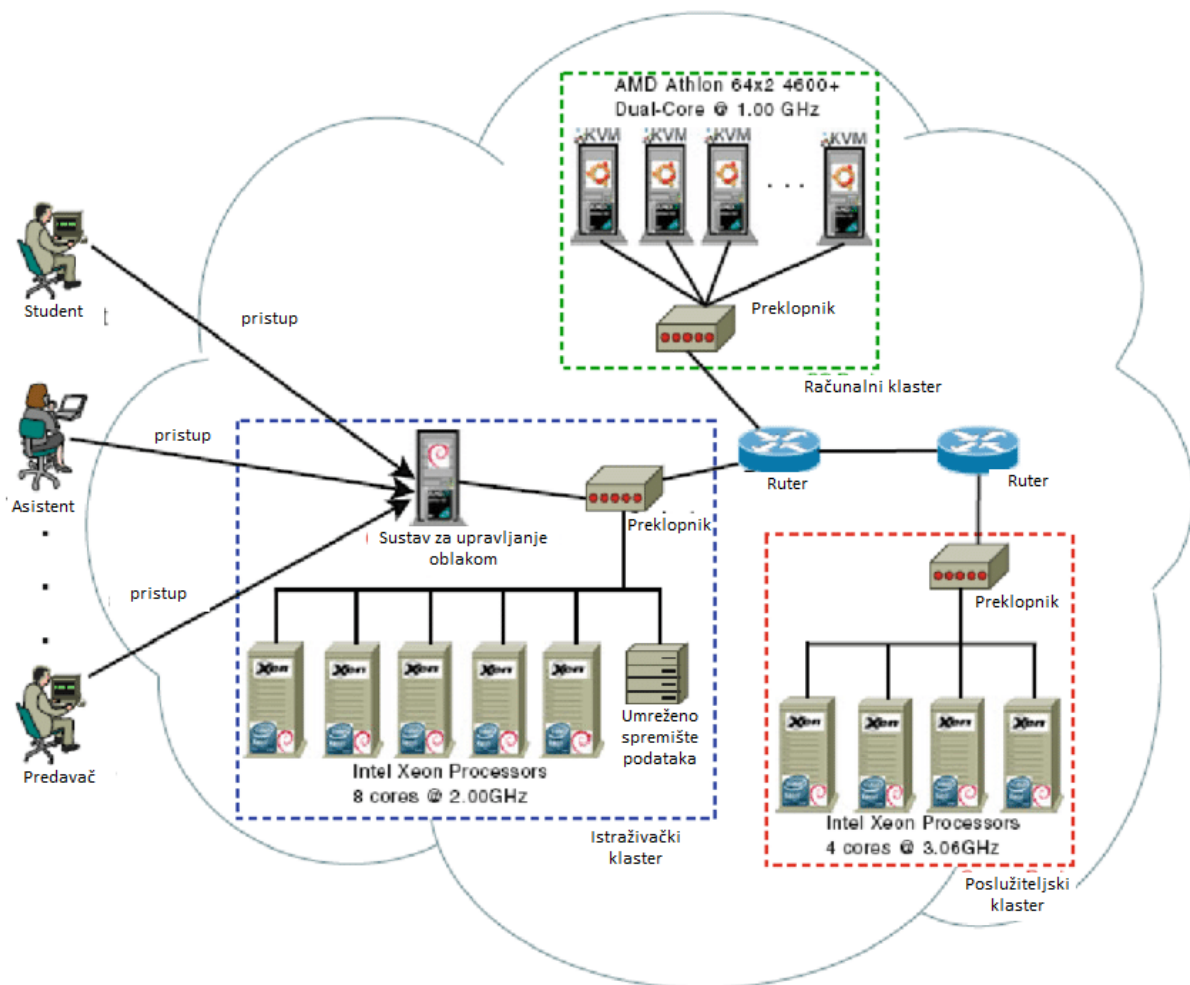
Na slici 3 se vidi primjer privatnog oblaka. To je sustav učenja na daljinu jedne škole. Škola ima skupine vlastitih poslužitelja na kojima su instalirane potrebne aplikacije za daljinsko učenje, a preko interneta se na oblak spajaju učenici, asistenti i profesori. Prepoznaje se da je to privatni oblak iz činjenice da je to sustav koji koristi samo jedna škola, te nitko van te škole nema pristup oblaku. (Jingtai, et al., 2018).

Prednosti privatnog oblaka prema (VMware, Inc., n.d.) su:

- Zaštita je jača nego kod javnog oblaka jer svi podaci kojima se upravlja su u vlasništvu istog klijenta, što znači da ne postoji opasnost od prelijevanja podataka među klijentima.
- Performanse sustava (a time i aplikacija instaliranih na sustavu) su predvidljive jer klijent na sklopovlju ima pokrenute samo vlastite aplikacije, ne dijeli oblak s drugim klijentima.
- Dugoročno klijenti mogu uštedjeti novac ukoliko za privatni oblak koriste vlastito sklopovlje. Kupovina vlastitog sklopovlja u početku jest skuplja investicija, ali eliminira potrebu za najam (skupih) računalnih resursa.
- Samim time što klijent posjeduje vlastito sklopovlje i vlastito osoblje za održavanje oblaka znači da je puno lakše predvidjeti troškove. Jer ukoliko se i poveća opterećenje na oblak (veći broj korisnika, veći broj konekcija ili jednostavno korisnici počnu koristiti više resursa) cijena ostaje jednaka.
- Privatni oblaci manje podliježu zakonskim regulativama o tome gdje i kako se trebaju spremati podaci te kako treba upravljati podacima spremljenim na oblaku (npr. GDPR<sup>2</sup>).

---

<sup>2</sup> Akronim engleskog naziva „General Data Protection Regulation“ odnosno Opća uredba o zaštiti podataka koja se odnosi na podatke svih građana Europske unije



Slika 3: Prikaz modela privatnog oblaka Izvor: (Jingtai, et al., 2018)

### 4.3. Model hibridnog oblaka

Ukoliko klijentima ne odgovara niti model javnog niti model privatnog oblaka, postoji treći model, model hibridnog oblaka. Dobije se kombinacijom javnog i privatnog oblaka. To znači da se dio računalnih resursa nalazi na javnom oblaku, dok se drugi dio resursa nalazi na privatnom oblaku. Tvrtke često imaju vlastite poslužitelje koje žele iskoristiti i u daljnjem radu. Zbog toga kombiniraju vlastite računalne resurse s javnim oblakom. Tako mogu odgovoriti na fluktuirajuće zahtjeve vlastitih klijenata. U slučaju da se pojavi veća potražnja za računalnim resursima moguće je zakupiti dio javnog oblaka kako bi se potražnja zadovoljila. Nakon što se smanji potražnja, tvrtka može smanjiti dio zakupljenog javnog oblaka kako ne bi plaćala za neiskorištene računalne resurse. Prema podatku navedenom na stranici VM Ware, 2018. godine čak 74% poduzeća je izjavilo da koriste model hibridnog oblaka. (VM ware, n.d.)

Neke od prednosti hibridnog modela su:

- Postepena migracija. Tvrtke ne moraju odjednom prebaciti svoju računalnu arhitekturu na javni oblak već mogu prebacivati dio po dio ovisno o potrebama, ali također i o financijskoj situaciji tvrtke. (VM ware, n.d.)
- Održavanje suglasnosti sa zakonskim regulativama. Ukoliko tvrtka podliježe određenim zakonskim regulativama oko toga gdje se određeni podaci smiju pohranjivati može koristiti privatni oblak za pohranjivanje takvih podataka dok ostatak podataka (i računalnih resursa) može pohraniti na javnome oblaku. (Neenan & Bigelow, n.d.)
- Određene aplikacije zbog tehničkih razloga (najčešće starosti aplikacije) je vrlo teško ili gotovo nemoguće prebaciti na javni oblak. Ali zbog činjenice da se jedan dio hibridnog oblaka nalazi na vlastitom serveru tvrtke (privatnom oblaku), takve aplikacije mogu ostati pokrenute na privatnom oblaku bez problema. Također, određene aplikacije zbog zakonskih regulativa moraju biti pokrenute na privatnom poslužitelju, te i u tom slučaju hibridni oblak pruža prednost. (VM ware, n.d.)
- Tvrtke mogu imati aplikacije pokrenute na oba oblaka (privatnom i javnom) u istom vremenu te tako stvaraju otpornost sustava na ispade i nedostupnost. Ukoliko dođe do ispada privatnog poslužitelja, aplikacije su dostupne na javnom poslužitelju i obrnuto. Ili, ukoliko je riječ o računalnim resursima (na primjer određeni podaci), resursi su dostupni na poslužitelju koji je trenutno dostupan. (Neenan & Bigelow, n.d.)

## 5. Modeli usluga infrastrukture

U prethodnom poglavlju su opisane razlike između različitih arhitektura oblaka, međutim osim podjele na arhitekturu, usluga oblaka se može dijeliti i na različite oblike infrastrukture. (Red Hat, 2019)

Infrastruktura oblaka sastoji se od više komponenata (prikazano na slici 4): mrežna komponenta, pohrana podataka, poslužitelji, virtualizacija, operativni sustav, međusoftver, sloj pokretanja, podaci i aplikacije. Kao što je prikazano na slici 4, u privatnom oblaku korisnik se mora brinuti i održavati sve komponente, dok se kod drugih modela infrastrukture za jedan dio komponenti (ili za sve) brine pružatelj usluge oblaka. (Red Hat, 2019).

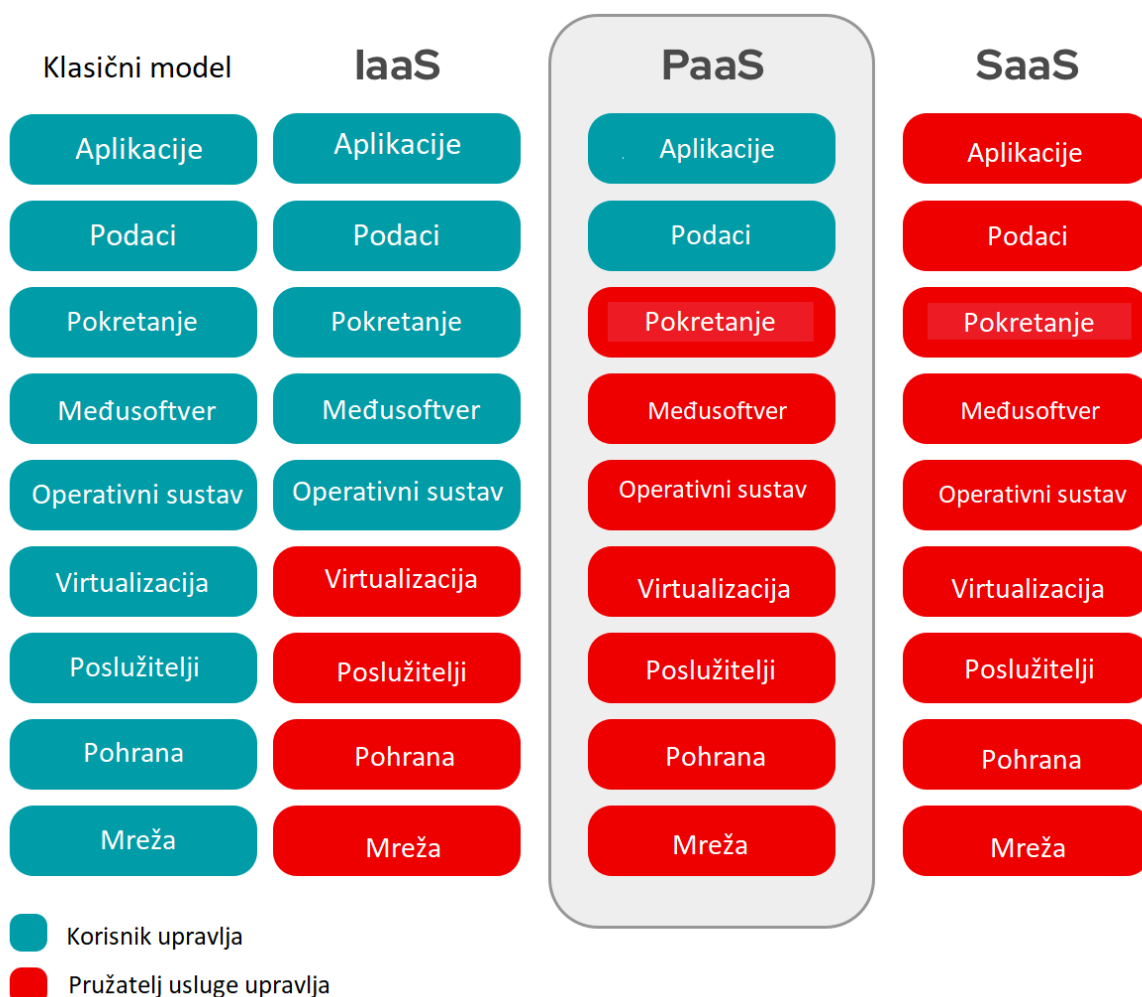


Tri su glavna modela infrastrukture oblaka:

- Infrastruktura kao usluga (skraćeno IaaS),
- Platforma kao usluga (skraćeno PaaS),
- Softver kao usluga (skraćeno SaaS).

Klijent odabire određeni model ovisno o njegovim potrebama. Što više komponenti održava pružatelj usluge, to je cijena oblaka skuplja, ali klijent ima manje mogućnosti nad prilagodbama i obrnuto.

Na slici 4. prikazani su modeli usluga infrastrukture.



Slika 4: Prikaz modela usluga infrastrukture  
Izvor: (Red Hat, 2019)



## **5.1. Infrastruktura kao usluga**

Infrastruktura kao usluga jedan je od tri prepoznatljiva modela usluge u oblaku koji daje korisnicima sve prednosti računalnih resursa na lokaciji bez dodatnih troškova. U ovom modelu korisnicima je omogućeno pokretanje vlastitih aplikacija, korištenje vlastitih podataka, sami instaliraju operativni sustav po vlastitoj želji i upravljaju međusoftverom i pokretanjem aplikacija. Pružatelj usluge se brine za mrežni sloj, pohranu, poslužitelje i virtualizacijski sloj. „Također, omogućuje istu tehnologiju i mogućnosti kao tradicionalni podatkovni centar bez da korisnici fizički moraju održavati i upravljati svime. IaaS klijenti mogu pristupiti izravno serverima i pohranom iako je sve izdvojeno u virtualnom podatkovnom centru na oblaku.“ (Watts & Raza, 2019).

### **5.1.1. Karakteristike IaaS modela**

Karakteristike koje opisuju IaaS model prema (Watts & Raza, 2019) su:

- Korisnik može kupovati računalne resurse kao uslugu. Znači ukoliko korisniku treba više procesorske snage, više radne memorije ili prostora za pohranu, sve to može jednostavno i brzo kupiti od pružatelja usluge oblaka.
- Troškovi oblaka ovise o potrošnji računalnih resursa. Što korisnik troši više resursa, veća je i cijena, te obratno.
- Usluge su skalabilne, što znači da je u slučaju veće potražnje lagano povećati količinu računalnih resursa kako bi se zadovoljile potrebe, te kada se potražnja smanji, smanjuje se i količina dostupnih računalnih resursa.
- Korisnici oblaka dijele isto sklopovlje.
- Klijent zadržava potpunu kontrolu nad infrastrukturom.
- Dinamičnost i fleksibilnost.

Prednosti IaaS modela su:

- Jednostavno je napraviti zalihost poslužitelja te time smanjiti vrijeme ispada sustava, što znači da se povećava pouzdanost (sustava). (IBM Cloud Education, 2021).
- Pružatelj usluge može imati poslužitelje u više država (i kontinenata), te se time smanjuje vrijeme odaziva između korisnika usluge i poslužitelja. (IBM Cloud Education, 2021).
- Brži i jednostavniji pristup najnovijim tehnologijama. Pružatelji usluge oblaka zbog konkurentnosti moraju pratiti najnovije tehnologije i nadograđivati svoje poslužitelje. Posljedica toga jest da i klijenti brže dolaze do najnovijih tehnologija. (IBM Cloud Education, 2021).
- Klijenti mogu jednostavno i lagano postaviti vlastite resurse na oblak (što često znači instalirati vlastite aplikacije) i isprobavati vlastite zamisli i ideje. (IBM Cloud Education, 2021).
- „Jednostavno je automatizirati isporuku resursa (pohrane, mreže, poslužitelja i procesorske snage) na oblak.“. To se radi u slučaju da postoje česte fluktuacije korisnika i njihovih zahtjeva te promjene u računalnim resursima prate zahtjeve korisnika (povećanje zahtjeva povećava resurse i obratno). (Watts & Raza, 2019).
- Klijenti se ne moraju brinuti o zaštiti podataka (i sustava) od zlonamjernog softvera i hakerskih napada jer je to posao pružatelja usluge. Često je računalna zaštita na oblaku bolja nego na privatnim poslužiteljima. (IBM Cloud Education, 2021).

Također uz pogodnosti postoje i prepreke IaaS modela. Posebna ograničenja za IaaS model prema (Watts & Raza, 2019) su:

- Zaštita, kako prednost, utoliko može biti i briga za korisnike IaaS modela, naime cijeli oblak može imati slabu zaštitu te zbog toga biti pod prijetnjom sigurnosnih (hakerskih) napada ukoliko pružatelj usluge nije postavio zadovoljavajuće sigurnosne mjere. Također, zaštita u smislu da pružatelj usluge osigurava da su podaci korisnika izolirani od drugih korisnika, na što sami korisnici ne mogu utjecati.
- Stare aplikacije koje nisu razvijene za pokretanje u oblaku mogu imati probleme kod pokretanja i izvršavanja. Za njihovo pokretanje često su potrebne dodatne promjene na aplikaciji, te mogu u sebi sadržavati sigurnosne propuste.

- Zaposlenici koji su zaduženi za održavanje sustava možda ne znaju raditi s oblakom te ih je potrebno dodatno educirati.

## **5.2. Platforma kao usluga**

Za razliku od IaaS modela, model platforme kao usluge<sup>3</sup> uz sve usluge koje nudi IaaS model, korisnicima nudi još i operativni sustav te alate za razvoj vlastitih aplikacija. PaaS model se koristi za jednostavniji razvoj aplikacija. Korisnici ne moraju instalirati sve potrebne programe i alate na vlastito računalo već mogu koristiti pred instalirane i odmah dostupne alate na oblaku. To je pogotovo korisno u slučajevima kad na razvoju aplikacije radi cijeli tim ljudi. U tom slučaju nije potrebno svakome članu tima zasebno konfigurirati njegovo okruženje (instalirati program za razvoj aplikacije, program za testiranje, certifikate, instaliranje alata za izvršavanje aplikacije...) već je sve to moguće odraditi jednom u oblaku i svaki član tima je odmah spreman razvijati aplikaciju. Pružatelji PaaS usluge uglavnom osiguraju sve potrebne alate kao što su okruženje za razvoj aplikacije (npr. Microsoft Visual Studio), alat za testiranje aplikacije, alat za upravljanje bazom podataka, alat za poslovnu analizu, međusoftver, alat za izgradnju i puštanje aplikacije na testiranje, a zatim i na produkciju kao i kasnije upravljanje pokrenutim aplikacijama te dodatni manji alati koji pomažu u razvoju aplikacije (npr. uređivači teksta ili aplikacija za komunikaciju između članova tima). (Watts & Raza, 2019).

### **5.2.1. Karakteristike PaaS modela**

Karakteristike PaaS modela prema (Watts & Raza, 2019) su:

- Građen je na tehnologiji virtualizacije, tako da se resursi mogu lagano povećavati ili smanjivati ovisno o promjeni posla.
- Pruža raznolike usluge za pomoć s razvojem, testiranjem i raspoređivanjem aplikacija.
- Dostupno mnogobrojnim korisnicima putem iste razvojne aplikacije.
- Integrira web usluge i baze podataka.

---

<sup>3</sup> Skraćeno PaaS

Prednosti PaaS modela su:

- Korištenjem PaaS modela smanjuje se vrijeme razvoja aplikacija jer se ne mora konfigurirati računalo svakog člana razvojnog tima već članovi koriste oblak koji je već konfiguriran s alatima koji su im potrebni. (Microsoft, n.d.).
- Nije potrebno imati osobu zaduženu za održavanje razvojnih alata već to čini pružatelj PaaS usluge. (Watts & Raza, 2019).
- Moguće je automatizirati nadogradnje razvojnih alata. Svi članovi razvojnog tima mogu dobiti nove verzije alata u istome trenutku. (IBM Cloud Education, 2021).
- Lakše je doći do novih razvojnih alata i odreći se starih (nepotrebnih) alata jer korisnici ne moraju kupovati cijele računalne programe (koji su vrlo skupi) već plaćaju (najčešće mjesečnu) cijenu korištenja usluge oblaka u sklopu koje dobiju računalne programe koji su im potrebni. (IBM Cloud Education, 2021).
- Moguće je imati razvojne timove na različitim geografskim lokacijama jer je cijela razvojna okolina dostupna na oblaku. To znači da nije potrebno raditi pojedinačne konfiguracije njihovih računala već se samo spoje na uslugu oblaka preko internetske mreže. (Microsoft, n.d.).

Nedostatci PaaS modela prema (Watts & Raza, 2019) se smatraju ovima:

- Ukoliko pružatelj usluge nije osigurao zadovoljavajuću razinu računalne zaštite može doći do ugroze podataka spremljenih na oblaku, a korisnik nema utjecaja na zaštitu podataka već se mora osloniti na pružatelja usluge.
- Može doći do problema kod integracije starih aplikacija koje nisu razvijene za rad u oblaku bili to alati za razvoj novih aplikacija ili jednostavno u slučaju kad razvojni tim prebacuje razvoj stare aplikacije s vlastitih računala na oblak. U tom slučaju su potrebne prilagodbe starih aplikacija kako bi radile na oblaku. To zahtijeva dodatno vrijeme i novac.

- Ukoliko razvojni tim razvije aplikaciju na jednoj PaaS platformi te se odluči kasnije prebaciti na drugo PaaS rješenje (odnosno drugog pružatelja usluge oblaka) to može stvarati probleme, a u nekim slučajevima uopće nije moguće jer kompatibilnost između različitih PaaS rješenja nije garantirana.
- PaaS platforma ograničava korisnicima upravljanje samim okruženjem zbog pojednostavljenja korištenja. Međutim, to korisnicima može stvarati probleme jer ne mogu u potpunosti prilagoditi razvojni proces svojim potrebama. Određeni programski jezici i programski alati ne moraju biti kompatibilni s odabranim PaaS rješenjem što može stvarati probleme jer korisnici ne mogu prilagođavati mogućnosti koje PaaS rješenje nudi.

### **5.3 Softver kao usluga**

Kod SaaS modela se o svim elementima (dijelovima) oblaka brine pružatelj usluge oblaka (kao što se vidi na slici 4). Klijent samo koristi aplikaciju koju mu pružatelj usluge nudi, ne mora konfigurirati okolinu, održavati bilo koji dio sustava, potrebno mu je samo računalo i internetska veza. Pružatelj usluge se brine za održavanje sustava, nadogradnje, operativni sustav i poslužitelje na kojima se softver pokreće, zaštitu sustava, pohranu podataka aplikacije i mrežne zahtjeve aplikacije. Većina ljudi koji danas koriste računala koriste SaaS rješenja, npr. Gmail, Google Drive, Microsoft Office 365 i slične aplikacije. I za stvaranje ovog rada su korištena SaaS rješenja: Microsoft Office 365 i Onedrive. (Watts & Raza, 2019).

#### **5.3.1. Prednosti i mane SaaS modela**

Prednosti SaaS modela su prema (IBM Cloud Team, 2020) su:

- Zbog činjenice da se aplikacije ne moraju instalirati i konfigurirati, dostupne su korisnicima za korištenje puno brže od tradicionalnih aplikacija.
- Samim time što se aplikacije ne moraju instalirati i konfigurirati znači da nije potrebno imati vlastito sklopovlje i osoblje koje će se brinuti o održavanju (sklopovlja i softvera), što smanjuje ukupne troškove. Svi korisnici dijele isto sklopovlje te i to smanjuje cijenu, a cijena je također manja jer nije potrebno kupovati skupe licence već se cijena formira

kao pretplata na određenom vremenskom periodu (najčešće je to mjesečna ili godišnja pretplata).

- Ukoliko je korisnicima potrebno više resursa, puno lakše je povećati resurse na oblaku jer je dovoljno samo javiti pružatelju usluge da je potrebno više resursa (pohrane, procesorske snage, memorije i slično), te pružatelj usluge gotovo trenutačno povećava potrebne resurse. Kod klasičnog modela bi to iziskivalo korisnika da kupuje sklopovlje, konfigurira ga i tek onda može koristiti nove računalne resurse.
- Aplikacije u SaaS modelu se automatski nadograđuju na najnovije verzije. Tako korisnici uvijek koriste najnoviju verziju aplikacija u oblaku, imaju odmah pristup novim značajkama, a i najnovijim sigurnosnim zakrparama.
- Aplikacije u SaaS modelu su vrlo jednostavne za korištenje jer korisnici ne moraju konfigurirati postavke već odmah mogu krenuti s radom. Čak je često moguće i testirati aplikacije, ili na određeni vremenski period ili u uz smanjene mogućnosti, a napredni korisnici mogu koristiti i takozvane beta verzije aplikacija te testirati nove značajke i prije nego su one dostupne svim korisnicima.

Ograničenja SaaS modela prema (Watts & Raza, 2019) su:

- Mogu se pojaviti problemi kod integracije aplikacija u oblaku sa starim aplikacijama (npr. dokument napravljen u klasičnoj aplikaciji se ne može učitati u aplikaciju u oblaku). To zahtijeva određene prilagodbe koje mogu biti komplicirane ili ponekad i nemoguće. Pružatelji usluga često nisu od pomoći već se klijent mora sam pobrinuti o integraciji s vlastitim klasičnim aplikacijama.
- Ponekad je teško prekinuti SaaS uslugu, jednim dijelom zbog kompliciranog procesa za prekidanje usluge, a drugim dijelom zbog moguće nekompatibilnosti aplikacija u oblaku s drugim aplikacijama (klasičnim ili u oblaku). Može se dogoditi da se podaci iz oblaka ne mogu prenijeti na drugu lokaciju što znači velike gubitke za klijenta.
- O sigurnosti cijelog sustava se brine pružatelj usluge, te se može dogoditi da razina sigurnosti nije primjerena i tako ugrožava podatke klijenata. Također, uvijek postoji mogućnost da klijenti jednog korisnika procure do drugih korisnika jer se svi podaci uglavnom nalaze na istom sustavu.



- Korisnici često nemaju mogućnosti raditi velike prilagodbe nad aplikacijama u SaaS modelu. Aplikacije su konfigurirane tako da odgovaraju većini korisnika, te nemaju opciju dodavanja novih mogućnosti za individualne korisnike.
- Iako je često nadogradnja na najnovije verzije pozitivna stvar može se dogoditi da pružatelj SaaS usluge s novom verzijom izbací ili promijeni neke značajke koje su nekim korisnicima potrebne. Također, s novim verzijama je moguće uvesti nove sigurnosne propuste.
- Vrijeme ispada sustava ovisi u potpunosti o pružatelju usluge. To znači ukoliko se dogodi ispad (ili se odvijaju neke nadogradnje i održavanje sustava) klijenti ne mogu pristupiti aplikacijama.

## 6. Sveučilišni računski centar Sveučilišta u Zagrebu

Osnova cijele znanstvene e-infrastrukture u Hrvatskoj je Srce, odnosno Sveučilišni računski centar Sveučilišta u Zagrebu. Srce je osnovano 29. 4. 1971. godine za potrebe primjene informacijske tehnologije u znanosti i obrazovanju te je danas dio Sveučilišta u Zagrebu. Srce je zaduženo za održavanje postojeće sveučilišne e-infrastrukture čije je ujedno i centralno središte. Uz održavanje postojeće infrastrukture projektira i gradi novu informacijsku infrastrukturu (što uključuje podatkovne centre, računalne mreže, razne aplikacije) te obrazuje korisnike i pruža podršku u korištenju vlastite e-infrastrukture. (Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2022)

Korisnici Srca su sveučilišta, visoka učilišta, znanstveni instituti, Ministarstvo znanosti i obrazovanja, agencije i ustanove iz javnog sektora, visokoškolske i znanstvene knjižnice, studentski domovi i restorani, stručna i znanstvena udruženja te čak i tvrtke iz privatnog sektora. To je sveukupno čak 232 ustanove koje su koristile usluge Srca u 2021. godini, a od toga 111 visokih učilišta (u koja se ubrajaju i sveučilišta). 96 institucija koristi usluge virtualnog poslužitelja u oblaku Srca, a sveukupno postoji čak 341 virtualni poslužitelj. (Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2022)

Četiri najznačajnije usluge Srca u pogledu računalstva u oblaku su:

- Hrvatska nacionalna grid infrastruktura (CRO NGI),
- Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak (HR-ZOO),
- Računalni klaster Isabella,
- Računalstvo u oblacima.

Srce nudi još dodatnih usluga kao što su CIX, eduroam, Dabar, Hrčak, Puh, AAI@EduHr, CRORIS, ISVU i mnoge druge. (Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2022)

## 7. Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak

Jedan od projekata unutar Srca je Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak (skraćeno HR-ZOO). Idejni projekt je nastao 2011. godine, a glavni cilj mu je izgradnja računalnog i podatkovnog oblaka koji će služiti za poboljšanje znanstveno-istraživačkog rada, odnosno modernizacija i poboljšanje postojeće e-infrastrukture. Mrežna središta projekta HR-ZOO se nalaze u četiri najveća grada: Zagrebu, Splitu, Rijeci i Osijeku. Vrijednost projekta je 196,8 milijuna kuna, a čak 85% se financira iz Europskog fonda za regionalni razvoj. Planirani korisnici projekta HR-ZOO su centri kompetencije, istraživačka i akademska zajednica, te znanstveni centri izvrsnosti. (Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2022) 14. srpnja 2022. godine je završeno uređenje i opremanje sva četiri podatkovna centra HR-ZOO (sa završetkom opremanja centra u Rijeci). (Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2022) Centri su povezani mrežom od 100 Gbit/s preko centra u Zagrebu. Podatkovni centar u Osijeku je završen 28. lipnja 2022. godine, nalazi se u sklopu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, a fizička lokacija je unutar studentskog doma u ulici Petra Svačića u Osijeku na 411 metara kvadratnih u kojima se nalazi 10 IKT ormara. (Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2022).

HR-ZOO projekt pokušava decentralizirati znanstveni oblak tako što će imati 4 mrežna središta. Time bi četiri sveučilišta (Zagreb, Split, Osijek, Rijeka) imali vlastite mrežne, računalne i spremišne resurse za istraživanje, razvoj i inovaciju. Uz međusobnu mrežnu povezanost, čvorišta će biti povezana i s europskim istraživačkim prostorom te europskim visokoobrazovnim prostorom. (Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak, n.d.).

Usluge koje projekt HR-ZOO nudi su: virtualni podatkovni centri, pohrana podataka, znanstveni softver, računarstvo visokih performansi, elastično računanje, te udomljavanje IKT opreme. (Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak, n.d.).

Uz to, HR-ZOO sadrži više vrsta infrastruktura: infrastrukturu za računarstvo visokih performansi, za računarstvo s velikom propusnošću, za visoko skalabilno računarstvo, za spremišnu mrežu te za lokalnu mrežu sjedišta. (Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak, n.d.).

## 8. Računalni klaster Isabella

Računalni klaster je skup više računala koji komuniciraju preko lokalne (takozvane LAN) mreže kako bi radili zajedno, to jest integrirali se u jedan višeprosorski sustav. Razlika u odnosu na klasično računalo jest što su resursi distribuirani na više računala pa je samim time lakše nadograđivati računala, odnosno povećana je skalabilnost sustava. (Stilinović & Sočković, 2021)

Isabella je računalni klaster nastao 2002. godine u siječnju. Iako je na samom početku nosio naziv Dgrid, nakon 4 mjeseca mijenja ime u Isabella. Nastao je zbog potreba Ministarstva znanosti i tehnologije u svrhu integriranja Hrvatske u projekt DataGrid koji je služio za analizu i obradu podataka CERN-a. (Belavić & Imamagić, 2022) Na samom početku klaster se sastojao od 8 jednoprosorskih računala, a danas ga čini čak 135 računalnih čvorova. Sveukupno ima 270 procesora, 3100 procesorskih jezgri, 12 grafičkih procesora, 16 terabajta radne memorije i 756 terabajta podatkovnog prostora. Računala su povezana pomoću dva ethernet preklopnika brzine 1 Gb/s koji osiguravaju 96 konekcija, jednim Infiniband preklopnikom brzine 40 Gb/s koji osigurava 36 konekcija i 6 Infiniband preklopnika brzine 56 Gb/s koji osigurava 36 konekcija. (Belavić, 2020).

Klaster Isabella je klaster visoke učinkovitosti ili takozvani HPC klaster (konkretno Beowulf<sup>4</sup> tip klastera). Koristi se za analizu i obradu podataka u sklopu znanstvenih radova. Isabellu mogu koristiti svi članovi akademske zajednice ukoliko imaju opravdani razlog, npr. obrada podataka na istraživačkom radu, analiza podataka za potrebe završnog rada... Naravno, prvo je potrebno prijaviti se Srcu i objasniti u koju svrhu će klaster biti korišten kako bi se dobila prava za korištenje klastera. Za korištenje klastera (odnosno pokretanja poslova) koristi se Sun Grid Engine (trenutno poznat kao Oracle Grid Engine) klasterski sustav za upravljanje poslovima (Stilinović & Sočković, 2021).

Do sada postoji 397 objavljenih radova za čiju izradu se koristio klaster Isabella. Od toga, 55 radova je objavljeno 2021. godine. Iste godine je pokrenuto 273 842 posla, odrađeno je 21 715 857 procesorskih sati, prosječno trajanje posla je bilo 16 sati, 7 minuta i 12 sekundi, imao je

---

<sup>4</sup> Tip klastera razvijen 90ih godina u NASA-i spajanjem standardnih računala s Linux operativnim sustavom u zajedničku lokalnu mrežu s ciljem ujedinjavanja njihove procesorske moći (National Aeronautics and Space Administration, 2020)

154 aktivna korisnika iz 23 različite ustanove, a uspješnost poslova je bila 97,8 %. Također, upisano je čak 2,78 petabajta podataka, pročitano 7,63 petabajta, a zauzeće prostora je bilo 513 terabajta (od ukupno 764 terabajta). (Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2022).

Pomoću linka <http://teran.srce.hr/ganglia/> moguće je vidjeti trenutno stanje klastera pomoću sustava za nadzor Ganglia. (Stilinović & Zailac, 2020).

## 8. Hrvatska nacionalna grid infrastruktura

Hrvatska nacionalna grid infrastruktura (CRO NGI) je sustav distribuiranih računalnih čvorova smještenih u znanstvenim ustanovama i ustanovama visokog obrazovanja. Nastao je od 2004. do 2006. godine u sklopu projekta „CRO-GRID Infrastruktura“ Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa. Nudi dvije usluge: HTC Cloud i JupyterLab servise. (Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2007).

### 8.1. HTC Cloud

Usluga pokrenuta 2019. godine te služi za stvaranje i korištenje virtualnih poslužitelja s visokom učinkovitošću. Skraćenica HTC dolazi od engleskog naziva *High-throughput computing* (računarstvo visoke učinkovitosti). Za izradu HTC Clouda korištene su tehnologije OpenStack i Ceph. Za razliku od klastera Isabella, HTC Cloud pruža veću fleksibilnost kod korištenja i pokretanja vlastitih aplikacija i namijenjen je pokretanju aplikacija za koje računalni klaster nije pogodan kao što su obrada i analiza velikog broja podataka te interaktivne aplikacije gdje korisnik mora upravljati aplikacijom tijekom njezinog rada. Prikaz arhitekture HTC Clouda može se vidjeti na slici broj 6. (Imamagić, 2021).

HTC Cloud čine 33 Dell poslužitelja koji koriste AMD EPYC procesorske jedinice. Sveukupno se HTC Cloud sastoji od 33 procesorske jedinice sa zajedničkom sumom od 600 procesorskih jezgri, 150 terabajta diskovnog prostora i 12480 gigabajta radne memorije. Računala su povezana na mrežu putem 10 gigabitnog ethernet priključka. (Imamagić, 2021).

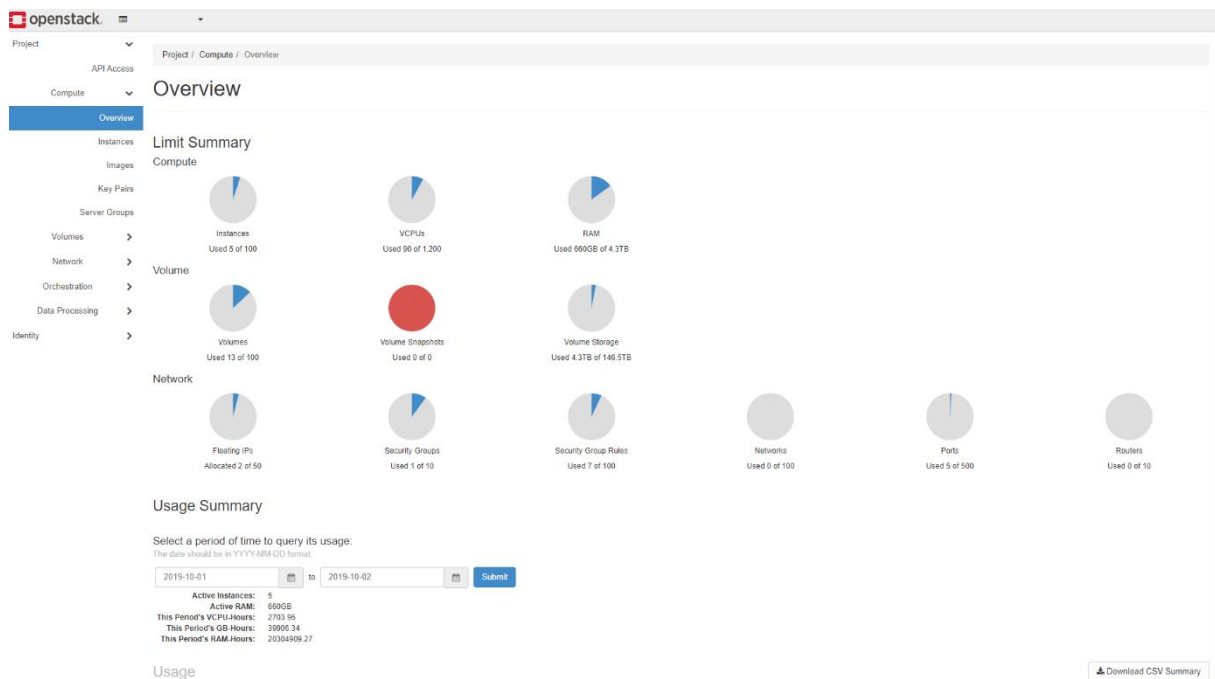
Pristupiti HTC Cloudu se može putem internetskog preglednika na <https://cloud.cro-ngi.hr/> ili putem Openstack Python klijenta, a zahtjev za pristup je jednak kao i za klaster Isabella. Ukoliko se koristi internetski preglednik, korisniku je prikazana upravljačka ploča preko koje može upravljati virtualnim poslužiteljima (kao što se može vidjeti na slici 5). Pristup samim

virtualnim poslužiteljima na HTC Cloudu se vrši pomoću SSH ili RDP protokola. (Belavić, 2020).

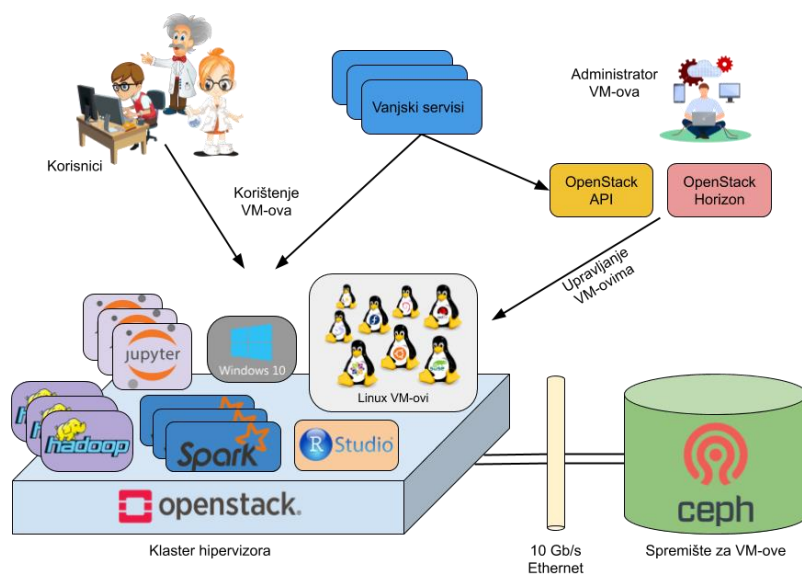
Ukoliko korisnici žele koristiti klaster na virtualnom poslužitelju mogu pokrenuti EC3 elastični klaster za računarstvo u oblaku na virtualnom poslužitelju, te pomoću Sun Grid Engine sustava mogu upravljati poslovima (kao i kod klastera Isabella). (Belavić, 2020).

A u slučaju da korisnici žele na virtualnim poslužiteljima koristiti računarstvo visokih performansi, mogu to učiniti pomoću hpc-base slike dostupne na HTC Cloudu. Hpc-base slika sadrži CentOS 7 (Linux distribucija) operativni sustav koji sadrži biblioteke optimizirane za rad s računarstvom visokih performansi. (Špoljar & Imamagić, 2021).

Na slici 5. prikazana je upravljačka ploča HTC Clouda.



Slika 5: Prikaz HTC Cloud upravljačke ploče. Izvor: (Belavić, 2020)



Slika 6: Prikaz HTC Cloud usluge  
 Izvor: (Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, n.d.)

Na slici 6. prikazane su usluge HTC Clouda, njihove sastavnice i funkcije.

## 8.2. JupyterLab servisi

JupyterLab je PaaS usluga koja pruža akademskim građanima mogućnost pisanja i izvršavanja računalnog koda te analizu podataka u oblaku. Pohrana i dijeljenje podataka je osigurano povezivanjem JupyterLab alata s alatom PUH. Programski jezici koji su podržani unutar JupyterLab usluge su Python, Julia i R, a također su dostupni i drugi servisi: RStudio, Rstudio Server, Shiny, Octave, Pluto Notebook, Bash, Markdown i Terminal. Na slici 7 vidi se korisničko sučelje pomoću kojega korisnici mogu pisati i izvršavati računalni kod. (Belavić, 2022).

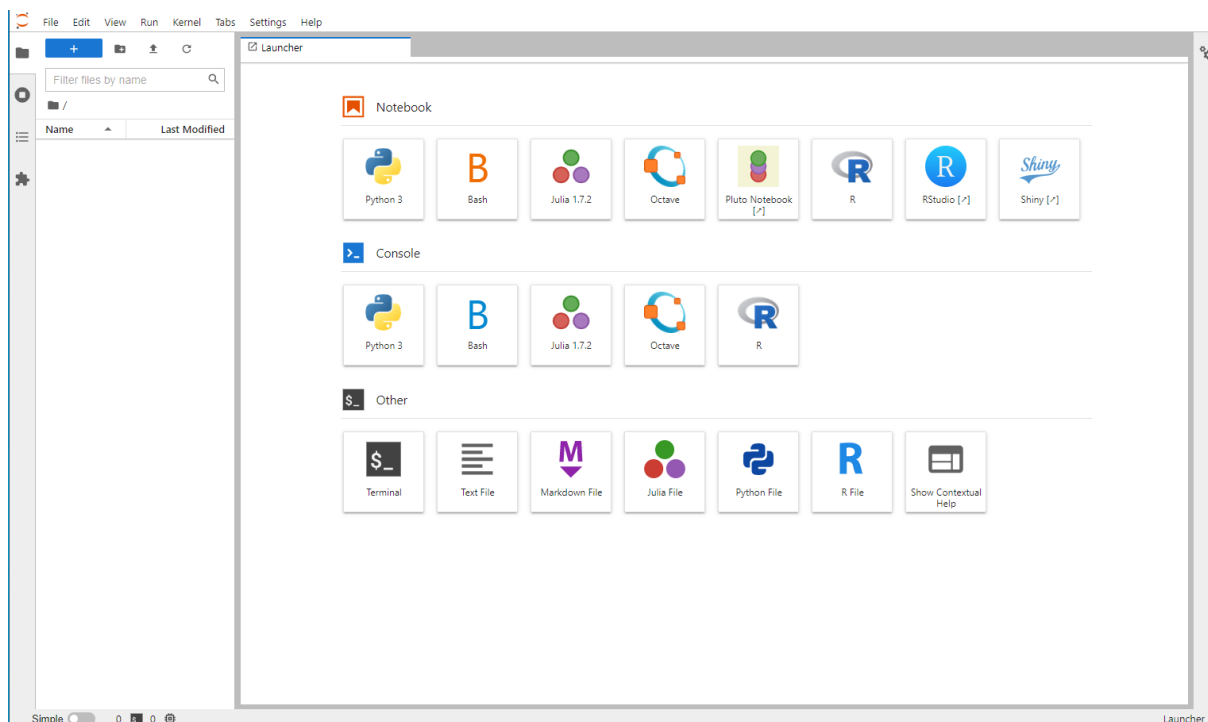
JupyterLab usluzi se pristupa putem linka <https://jupyter.cro-ngi.hr/> i pomoću [AAI@Edu.hr](mailto:AAI@Edu.hr) identiteta. (Belavić, 2022).

Korisnici mogu birati između 3 veličine resursa (Belavić, 2022):

- Default koja nudi jednu virtualnu procesorsku jedinicu, 2 gigabajta memorije i 30 gigabajta diskovnog prostora
- Large koja nudi dvije virtualne procesorske jedinice, 4 gigabajta memorije i 50 gigabajta diskovnog prostora
- XLarge koje nudi 4 virtualne procesorske jedinice, 8 gigabajta memorije i 100 gigabajta diskovnog prostora



Na slici 7. je prikazano korisničko sučelje JupyterLab usluge.



Slika 7: Prikaz korisničkog sučelja JupyterLab usluge. Izvor: (Belavić, 2020)

## 9. Srce računarstvo u oblacima

Srce u sklopu svog računarstva u oblacima nudi dvije usluge (Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, n.d.):

- Virtualni privatni poslužitelj,
- Virtualne učionice i laboratoriji.

Virtualni privatni poslužitelj je besplatna usluga virtualnog poslužitelja dostupna svim javnim znanstvenim ustanovama te ustanovama visokog obrazovanja. Ustanova na korištenje dobije poslužitelj s dvije procesorske jedinice, 8 gigabajta radne memorije i 100 gigabajta diskovnog prostora te jednu IPv4 adresu. Ukoliko je to potrebno, ustanove mogu zatražiti i dodatne virtualne poslužitelje. Pristup usluzi se vrši preko linka <http://vps.srce.hr> gdje je dostupno grafičko sučelje za upravljanje virtualnim poslužiteljem, konzola virtualnog poslužitelja i mogućnost promjene lozinke. Ustanove na virtualni poslužitelj instaliraju vlastiti operativni sustav i brinu se za instalaciju (i održavanje) softvera na virtualni poslužitelj. (Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, n.d.).

Virtualne učionice i laboratoriji je usluga koja pruža djelatnicima i članovima sustava visokog obrazovanja Republike Hrvatske pristup virtualnim poslužiteljima u svrhu nastave (virtualne učionice) ili za istraživanje (virtualni laboratoriji). Usluga je dostupna kako nastavnicima, tako i vanjskim suradnicima, a naposljetku i studentima. Identifikacija se vrši pomoću [AAI@Edu.hr](mailto:AAI@Edu.hr) identiteta. Kao i virtualni privatni poslužitelj, usluga je besplatna. Svaki korisnik na korištenje dobiva jednu procesorsku jedinicu, 2 gigabajta radne memorije, 20 gigabajta diskovnog prostora i jednu IPv4 adresu. Usluzi se pristupa preko linka <https://vcl.srce.hr> gdje korisnici imaju grafičko sučelje pomoću kojeg mogu:

- Odabrati i rezervirati sliku s operativnim sustavom koje će im djelatnici Srca instalirati na poslužitelj te mogućnost upravljanja rezervacijama koje su napravili.
- Kreirati vlastite slike poslužitelja na temelju postojeće slike poslužitelja.
- Upravljeti slikom poslužitelja koja je trenutno instalirana, te odabirati koja verzija će biti aktivna ili brisati verzije koje trenutno nisu aktivne.
- Vidjeti statistike sustava te statistike o korištenju pojedinih slika poslužitelja.

(Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, n.d.).

## 10. Zaključak

Računalstvo u oblaku nudi velike mogućnosti kako poduzećima tako i pojedincima. Razvoj interneta i povećanje brzina prijenosa podataka daju sve veću važnost računarstvu u oblaku. Osim što nam omogućuje pohranu velike količine podataka kojima možemo pristupiti s bilo kojeg računala s pristupom internetu, omogućuje nam i korištenje raznih aplikacija koje nam olakšavaju svakodnevni život. Skoro svi ljudi danas koriste usluge oblaka a da čak toga nisu ni svjesni tako što koriste razne aplikacije na internetu. Većina klasičnih aplikacija se svakim danom prebacuje u oblak.

Hrvatskoj akademskoj zajednici (studentima, profesorima, istraživačima, asistentima i ostalim djelatnicima) je također omogućeno korištenje usluga u oblaku putem Sveučilišnog računarskog centra Sveučilišta u Zagrebu koje nudi razne usluge kao što su računalni klaster Isabella, HTC Cloud i JupyterLab servisi u sklopu hrvatske nacionalne grid infrastrukture, virtualni privatni poslužitelji i učionice u sklopu SRCE računarstva u oblacima, kao i razne druge usluge (CIX, eduroam, Dabar, Hrčak, Puh, AAI@EduHr, CRORIS, ISVU). Zahvaljujući projektu Hrvatskog znanstvenog i obrazovnog oblaka, 2022. godine će se paleta mogućnosti i usluga za akademsku i istraživačku zajednicu modernizirati i ponuditi još veći broj usluga.

Računalstvo u oblaku ima svoju svijetlu budućnost jer se količina podataka za pohranu povećava, a poduzećima omogućuje da smanje svoje troškove jer ne trebaju raditi stalne nadogradnje hardvera i softvera te ulaganja u obuku osoblja, ili kupovanje novih licenciranih programa što im donosi velike financijske uštede, a klijentima olakšava korištenje njihovih aplikacija.

## 11. Literatura

Agencija za znanost i visoko obrazovanje, 2017. *MOZVAG Pregled studijskih programa.*

[Mrežno]

Dostupno na: <https://mozvag.srce.hr/preglednik/vu/vrsta>

[Pristupljeno 04 07 2022].

Belavić, M., 2020. *CRO NGI – Hrvatska nacionalna grid-infrastruktura.* [Mrežno]

Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/display/CRONGI/JupyterLab+servisi>

[Pristupljeno 01 08 2022].

Belavić, M., 2020. *Elastični klaster računarstva u oblaku - EC3.* [Mrežno]

Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/pages/viewpage.action?pageId=63012922>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Belavić, M., 2020. *HTC Cloud.* [Mrežno]

Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/pages/viewpage.action?pageId=43614538>

[Pristupljeno 01 08 2022].

Belavić, M., 2020. *Pristup HTC Cloudu.* [Mrežno]

Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/display/CRONGI/Pristup+HTC+Cloudu>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Belavić, M., 2020. *Tehničke specifikacije klastera Isabelle.* [Mrežno]

Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/pages/viewpage.action?pageId=49284364>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Belavić, M., 2022. *JupyterLab servisi.* [Mrežno]

Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/display/CRONGI/JupyterLab+servisi>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Belavić, T. & Imamagić, E., 2022. *Povijest klastera Isabelle.* [Mrežno]

Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/display/RKI/Povijest+klastera+Isabelle>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak, n.d. *Katalog usluga.* [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/hr-zoo/katalog-usluga>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak, n.d. *Napredni IKT resursi*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/hr-zoo/napredni-ikt-resursi>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak, n.d. *O projektu*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/hr-zoo/o-projektu>

[Pristupljeno 23 07 2022].

IBM Cloud Education, 2021. *IaaS versus PaaS versus SaaS*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.ibm.com/cloud/learn/iaas-paas-saas>

[Pristupljeno 23 07 2022].

IBM Cloud Education, 2021. *PaaS (Platform-as-a-Service)*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.ibm.com/cloud/learn/paas>

[Pristupljeno 23 07 2022].

IBM Cloud Team, 2020. *Top 5 Advantages of Software as a Service (SaaS)*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.ibm.com/cloud/blog/top-5-advantages-of-software-as-a-service>

[Pristupljeno 23 07 2022].

IBM, 2022. *Public cloud infrastructure architecture*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.ibm.com/cloud/architecture/architectures/public-cloud/reference-architecture>

Imamagić, E., 2021. *HTC Cloud*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/display/CRONGI/HTC+Cloud>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Jason Carolan, S. G., 2009. *Introduction to Cloud Computing Architecture*. s.l.:an.

Jingtai, R., Kepeng, H., Kegang, L. & Niya, D., 2018. *ResearchGate*. [Mrežno]

Dostupno na: [https://www.researchgate.net/figure/Private-cloud-architecture\\_fig1\\_328545657](https://www.researchgate.net/figure/Private-cloud-architecture_fig1_328545657)

[Pristupljeno 11 svibanj 2022].

Microsoft, n.d. *What is PaaS?*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-paas/>

[Pristupljeno 23 07 2022].

National Aeronautics and Space Administration, 2020. *Beowulf Clusters Make Supercomputing Accessible*. [Mrežno]

Dostupno na: [https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2020/it\\_1.html](https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2020/it_1.html)

[Pristupljeno 23 07 2022].

Neenan, S. & Bigelow, S. J., n.d. *What is hybrid cloud? Everything you need to know*.

[Mrežno]

Dostupno na: <https://www.techtarget.com/searchcloudcomputing/definition/hybrid-cloud>

[Pristupljeno 01 08 2022].

Neenan, S., Casey, K. & Earls, A. R., 2020. *What is public cloud? Everything you need to know*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.techtarget.com/searchcloudcomputing/definition/public-cloud>

[Pristupljeno 28 svibanj 2022].

Red Hat, 2018. *What is public cloud?*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.redhat.com/en/topics/cloud-computing/what-is-public-cloud>

[Pristupljeno 28 svibanj 2022].

Red Hat, 2019. *What is cloud architecture?*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.redhat.com/en/topics/cloud-computing/what-is-cloud-architecture>

[Pristupljeno 28 svibanj 2022].

Red Hat, 2019. *What is PaaS?*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.redhat.com/en/topics/cloud-computing/what-is-paas>

[Pristupljeno 28 svibanj 2022].

Stilinović, T. & Sočković, A., 2021. *Računalni klasteri*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/pages/viewpage.action?pageId=8488260>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Stilinović, T. & Zailac, K., 2020. *Sustav za nadzor Ganglia*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/display/RKI/Sustav+za+nadzor+Ganglia>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2007. *PRAVILNIK O USTROJSTVU I NAČINU RADA HRVATSKE NACIONALNE GRID INFRASTRUKTURE CRO NGI*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/files/srce/docs/isabella/cro->

[ngi/dokumenti/cro\\_ngi\\_pravilnik\\_v1.pdf](#)

[Pristupljeno 23 07 2022].

Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2022. *Izveštaj o radu za 2021. godinu.*

[Mrežno]

Dostupno na: [https://www.srce.unizg.hr/files/srce/docs/o-srcu/sluzbeni\\_dokumenti/Izvjestaji\\_o\\_radu/izvjestaj2021-dodatak.pdf](https://www.srce.unizg.hr/files/srce/docs/o-srcu/sluzbeni_dokumenti/Izvjestaji_o_radu/izvjestaj2021-dodatak.pdf)

[Pristupljeno 23 07 2022].

Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2022. *ZAVRŠENO UREĐENJE I OPREMANJE PODATKOVNOG CENTRA HR-ZOO-A U OSIJEKU.* [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/vijesti/zavrsono-uredenje-i-opremanje-podatkovnog-centra-hr-zoo-u-osijeku/objav2022-06-28>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, 2022. *ZAVRŠENO UREĐENJE I OPREMANJE PODATKOVNOG CENTRA HR-ZOO-A U RIJECI.* [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/vijesti/zavrsono-uredenje-i-opremanje-podatkovnog-centra-hr-zoo-u-rijeci/objav2022-07-14>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, n.d. *CRO NGI.* [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/cro-ngi>

[Pristupljeno 28 svibanj 2022].

Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, n.d. *RAČUNARSTVO U OBLACIMA.*

[Mrežno]

Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/cloud>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, n.d. *VIRTUAL COMPUTING LAB (VCL).*

[Mrežno]

Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/vcl>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Sveučilište u Zagrebu Sveučilišni računski centar, n.d. *VIRTUAL PRIVATE SERVER (VPS).*

[Mrežno]

Dostupno na: <https://www.srce.unizg.hr/cloud/vps>

[Pristupljeno 23 07 2022].

Špoljar, J. & Imamagić, E., 2021. *hpc-base - slika s optimiziranim knjižnicama za računarstvo visokih performansi*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://wiki.srce.hr/pages/viewpage.action?pageId=64061592>

[Pristupljeno 23 07 2022].

VM ware, n.d. *What is Hybrid Cloud Architecture?*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.vmware.com/topics/glossary/content/hybrid-cloud-architecture.html>

[Pristupljeno 28 svibanj 2022].

VMware, Inc., n.d. *What is a Private Cloud?*. [Mrežno]

Dostupno na: <https://www.vmware.com/topics/glossary/content/private-cloud.html>

[Pristupljeno 28 svibanj 2022].

Watts, S. & Raza, M., 2019. *SaaS vs PaaS vs IaaS: What's The Difference & How To Choose*.

[Mrežno]

Dostupno na: <https://www.bmc.com/blogs/saas-vs-paas-vs-iaas-whats-the-difference-and-how-to-choose/>

[Pristupljeno 28 svibanj 2022].