

IZRABA NEIZKORIŠČENEGA POMNILNIKA Z VIRTUALIZACIJO

DUŠKO RODIĆ

Šolski center Kranj, Kranj, Slovenija
dusko.rodic@sekr.si

V sodobnih osebnih računalnikih ostaja del delovnega pomnilnika pogosto neizkoriščen, saj povprečni uporabniki pri tipičnih opravilih le redko dosežejo dejanske zmogljivosti strojne opreme. Ob hkratnem naraščanju deleža sistemov s 16-32 GB RAM-a to pomeni, da ima veliko računalnikov znatno količino prostega pomnilnika, ki ga osnovna raba, kot so brskanje po spletu, urejanje dokumentov ali ogled multimedije, praviloma ne izkoristi. Ta presežek je mogoče učinkovito uporabiti za vzpostavitev navideznih okolij, kjer lahko tečejo dodatni operacijski sistemi, strežniške storitve ali razvojne platforme, kar omogoča višji izkoristek strojnih virov brez dodatnih stroškov za fizično opremo. Takšen pristop je posebej koristen v izobraževalnih ustanovah in razvojnih okoljih, kjer lahko en računalnik z uporabo virtualizacije nadomesti več ločenih sistemov ter tako omogoči stroškovno in energetsko učinkovitejše izvajanje pedagoških ali eksperimentalnih aktivnosti. V prispevku bom prikazal praktično izvedbo koncepta virtualizacije z uporabo odprtokodnega hipervizorja Oracle VirtualBox.

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fov.3.2026.56](https://doi.org/10.18690/um.fov.3.2026.56)

ISBN

978-961-299-124-1

Ključne besede:

virtualizacija,
navidezni računalnik,
hipervizor tipa 2,
Oracle virtualbox,
izraba pomnilnika,
optimizacija strojnih virov



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.3.2026.56](https://doi.org/10.18690/um.fov.3.2026.56)

ISBN
978-961-299-124-1

Keywords:

virtualization,
virtual machine,
type 2 hypervisor,
Oracle virtualbox,
memory utilization,
hardware resource
optimization

UTILIZING UNUSED MEMORY WITH VIRTUALIZATION

DUŠKO RODIĆ

School center Kranj, Kranj, Slovenia
dusko.rodic@sckr.si

In modern personal computers, a portion of system memory often remains unused, as average users rarely reach the full hardware capabilities of their systems during typical tasks. With the growing share of systems equipped with 16-32 GB of RAM, a significant number of computers now possess substantial amounts of unused memory that common activities, such as web browsing, document editing, or multimedia consumption, do not fully exploit. This surplus can be effectively utilized through virtualization, enabling the creation of virtual environments in which additional operating systems, server services, or development platforms can be run. Such an approach increases hardware utilization without incurring additional costs for physical equipment. This is particularly beneficial in educational institutions and development environments, where a single computer can, through virtualization, replace multiple standalone systems, thereby supporting more cost-effective and energy-efficient execution of educational or experimental activities. The paper presents a practical implementation of this virtualization concept using the open-source hypervisor Oracle VirtualBox.



University of Maribor Press

1 Uvod

Razvoj osebnih računalnikov v zadnjem desetletju je privedel do situacije, v kateri povprečna strojna oprema pogosto presega dejanske potrebe večine uporabnikov. Sodobni namizni in prenosni računalniki so praviloma opremljeni z večjedrnimi procesorji in relativno velikimi količinami delovnega pomnilnika, vendar tipična raba, kot so brskanje po spletu, urejanje dokumentov, delo z osnovnimi pisarniškimi orodji ter ogled multimedijskih vsebin, te zmogljivosti le redko v celoti izkoristi. Posledično pomemben del sistemskih virov, zlasti delovni pomnilnik (RAM), pogosto ostaja neizkoriščen (Uddin M., Rahman A. A., Oktober 2010).

Da ne gre zgolj za posamične primere, kažejo tudi podatki o razširjenosti strojne opreme med uporabniki. Po podatkih anket o strojni opremi ima več kot 77 % uporabniških sistemov (STEAM, 2025) 16 GB ali več delovnega pomnilnika, pri čemer se konfiguracije z 32 GB RAM-a hitro uveljavljajo kot nov standard. To pomeni, da ima velik delež računalnikov znatno količino razpoložljivega pomnilnika tudi ob sočasnem delovanju več aplikacij, vendar ta pri običajnih opravilih ostaja večinoma neizkoriščena.

Taktična izraba neizkoriščenega delovnega pomnilnika je v zadnjih mesecih postala še posebej pomembna, saj so se cene RAM-a na trgu občutno zvišale. Posledično je nakup novega računalnika za dodatne namene pogosto finančno neupravičen, zato je smiselno izkoristiti že razpoložljiv pomnilnik v obstoječem sistemu.

Podoben pojav je mogoče opaziti tudi na ravni strežniške infrastrukture in podatkovnih centrov, kjer je presežna zmogljivost pogosto načrtno vključena zaradi zagotavljanja razpoložljivosti, redundance in odpornosti na obremenitvene konice. Sodobni podatkovni centri temeljijo na strežnikih z več deset ali celo sto gigabajti delovnega pomnilnika ter večprocesorskimi sistemi. Kljub temu raziskave o izkoriščenosti strežniških virov kažejo, da povprečna izkoriščenost procesorjev v mnogih okoljih pogosto ostaja pod 30 %, medtem ko je poraba pomnilnika prav tako neenakomerna in pogosto pod maksimalnimi zmogljivostmi.

Eden izmed pristopov, ki omogoča boljši izkoristek razpoložljivega pomnilnika in procesorskih virov, je virtualizacija. Ta omogoča vzpostavitev več ločenih navideznih okolij na enem fizičnem sistemu, v katerih lahko neodvisno tečejo

dodatni operacijski sistemi, strežniške storitve ali razvojne platforme. S tem je mogoče razširiti funkcionalnost posameznega računalnika brez potrebe po dodatni fizični strojni opremi, kar prispeva k zmanjšanju stroškov, porabe energije in prostorskih zahtev (RedHat, 2024).

Takšen pristop je še posebej relevanten v izobraževalnih ustanovah, računalniških laboratorijih in razvojnih okoljih, kjer je pogosto potrebna hkratna uporaba več različnih sistemov za učenje, testiranje ali eksperimentiranje. Namesto vzpostavitve več ločenih računalnikov lahko en sam zmogljivejši sistem z uporabo virtualizacije učinkovito nadomesti več delovnih okolij.

V tem prispevku je predstavljen koncept izrabe neizkoriščenega delovnega pomnilnika s pomočjo virtualizacije, pri čemer je poudarek na praktični uporabi odprtokodnega hipervizorja Oracle VirtualBox. Prispevek obravnava osnovna načela virtualizacije, vlogo hipervizorjev tipa 2 ter prikazuje, kako lahko povprečen uporabniški sistem postane platforma za več navideznih računalniških okolij.

2 Vpliv neizkoriščenih računalniških virov na porabo električne energije

Neoptimalna izraba računalniških virov pomembno prispeva k neučinkoviti porabi električne energije. Kljub nenehnemu tehnološkemu napredku številne naprave in računalniški sistemi delujejo z nizko stopnjo izkoriščenosti, kar vodi v potratno rabo energije. Analize in študije kažejo, da se povprečna obremenitev strežnikov v številnih organizacijah pogosto giblje le med 5 % in 30 % (Uddin in Rahman, 2010), medtem ko njihova poraba energije pri nizkih obremenitvah ostaja razmeroma visoka.

Tudi raziskave pisarniških okolij potrjujejo, da so namizni računalniki večino časa v stanju nizke izrabe, kar predstavlja velik, še neizkoriščen potencial za optimizacijo. Približno 40 % delovnega pomnilnika (RAM) je povprečno izkoriščenega, računalniki pa so aktivni približno 55 % časa (Sun in Fan, 2005). V sodobnem času se je ta procent zmanjšal, vendar ne za veliko. V sodobnih pisarnah je računalnik še vedno v času pripravljenosti 48 % (WorkTime, 2024).

Takšna neoptimalna uporaba virov lahko prispeva k dodatni porabi električne energije in posledično k višjim stroškom.

2.1 Visoka poraba energije ob nizki obremenitvi

Morda bi pričakovali, da računalnik pri četrtinski obremenitvi porabi le četrtno električne energije, ki bi jo sicer pri polni obremenitvi, vendar v praksi ni tako. Podatki kažejo, da strežnik v stanju pripravljenosti (angl. *idle*) pogosto porabi približno 50 % energije, ki bi jo potreboval pri polni obremenitvi. Pri 25-odstotni obremenitvi pa se ta poraba povzpne na kar 70–75 % njegove maksimalne moči (Shehabi et al., 2011). Takšno razmerje povzroča znatno energijsko neučinkovitost, kjer je povprečna izkoriščenost nizka (U.S. Department of Energy, 2011). Posebej problematični so »zombie« strežniki in računalniki, ki so vključeni v infrastrukturo, vendar opravljajo minimalno ali celo nobeno uporabno delo (Shehabi et al., 2011).

Stroškovni vidik

Neizkoriščenost virov neposredno zvišuje operativne stroške organizacij. Ker stroški električne energije ne padajo sorazmerno z obremenitvijo, organizacije plačujejo visoke zneske za opremo, ki večino časa miruje (Uddin in Rahman, 2010).

Optimizacija delovanja, odstranitev neaktivnih sistemov in združevanje virov s pomočjo virtualizacije lahko privedejo do 20–40 % zmanjšanja skupne porabe energije (Shehabi et al., 2011). Virtualizacija omogoča, da se več logičnih sistemov izvaja na enem fizičnem strežniku ali napravi za različne namene, kar poveča njegovo učinkovitost in zmanjša potrebo po številu fizičnih naprav (Wrobel, 2021; RedHat, 2024).

S stališča organizacije optimizacija virov pomeni, da lahko neizkoriščen pomnilnik in procesorsko moč obstoječih naprav uporabimo za zagon novih storitev v virtualnih okoljih (npr. Oracle VirtualBox ali Proxmox), namesto nakupa nove strojne opreme. To ne le zmanjša neposredne stroške, temveč tudi dolgoročno izboljša energetski profil organizacije (Uddin in Rahman, 2010).

3 Virtualizacija

Virtualizacija je postopek ustvarjanja navideznega okolja, ki posnema delovanje fizičnega sistema, kot so operacijski sistemi, strežniki in omrežja. Omogoča delitev računalniških virov, kot so procesor, pomnilnik in trdi disk, na več virtualnih sistemov, ki delujejo kot neodvisni računalniki, čeprav uporabljajo isto fizično strojno opremo. Programska oprema simulira delovanje strojne opreme in tako ustvari okolje, podobno dejanskemu sistemu.

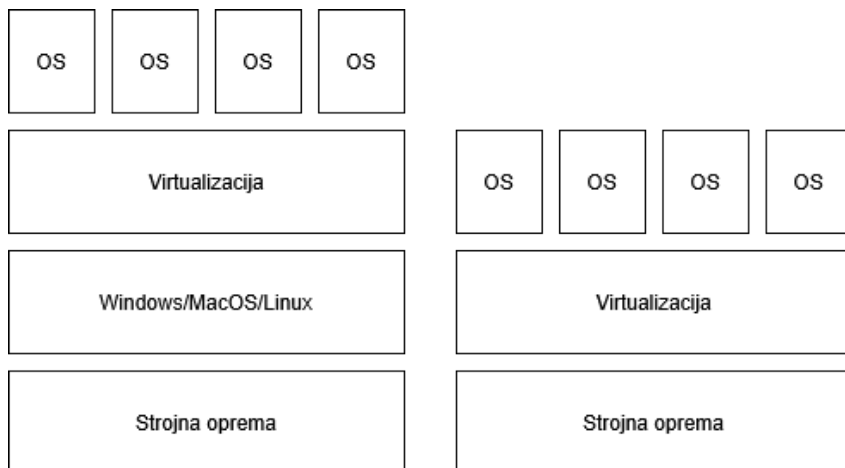
Ta pristop omogoča poganjanje več enakih ali različnih operacijskih sistemov in aplikacij na eni napravi, kar povečuje učinkovitost in zmanjšuje stroške, saj zadostuje ena zmogljivejša naprava namesto več fizičnih. Virtualizacija je danes standardna praksa, zlasti pri oblčnih storitvah, saj podjetjem omogoča najem virtualnih virov pri ponudnikih, namesto vlaganja v lastno infrastrukturo, kar izboljšuje prilagodljivost in ekonomičnost IT-sistemov (RedHat, 2024).

Pri virtualizaciji ima ključno vlogo hipervizor (VMM – *Virtual Machine Monitor*), ki omogoča izvajanje več virtualnih strojev (ang. VM – *Virtual Machine*) na eni fizični napravi ter upravlja razpoložljive strojne vire. Skrbi za učinkovito razdeljevanje procesorske moči, pomnilnika, shranjevalnega prostora in drugih virov med posamezne virtualne stroje.

Vsak virtualni stroj deluje kot samostojen sistem s svojim operacijskim sistemom in aplikacijami. Fizični računalnik, na katerem deluje hipervizor, imenujemo gostitelj (ang. *host*), virtualne stroje pa gostje (ang. *guests*). Poznamo dve vrsti hipervizorjev: tip 1 in tip 2 (RedHat, 2024).

3.1 Oracle Virtualbox

Oracle VirtualBox je večplatformsko orodje za virtualizacijo, razvito za sisteme x86 in AMD64/Intel64, ki omogoča hkratno poganjanje več različnih operacijskih sistemov na enem računalniku, ne da bi to vplivalo na delovanje gostiteljskega sistema. Deluje kot aplikacija znotraj gostiteljskega operacijskega sistema (Windows, Linux, macOS), zato spada med hipervizorje tipa 2, za razliko od hipervizorjev tipa 1, ki poleg omogočanja virtualizacije prevzamejo tudi vlogo operacijskega sistema (slika 1).



Slika 1: Hipervizor tipa 2 in Hipervizor tipa 1

Vir: Lasten

Ker Oracle VirtualBox uporablja hipervizor tipa 2, je priljubljena rešitev za začetnike, saj omogoča nameščanje in uporabo dodatnih operacijskih sistemov ter programov na računalniku, ki se uporabljajo za vsakodnevna opravila. Primeren je za testiranje, učenje in igranje, ne da bi pri tem ogrozili stabilnost gostiteljskega sistema, kot na primer (Oracle VirtualBox):

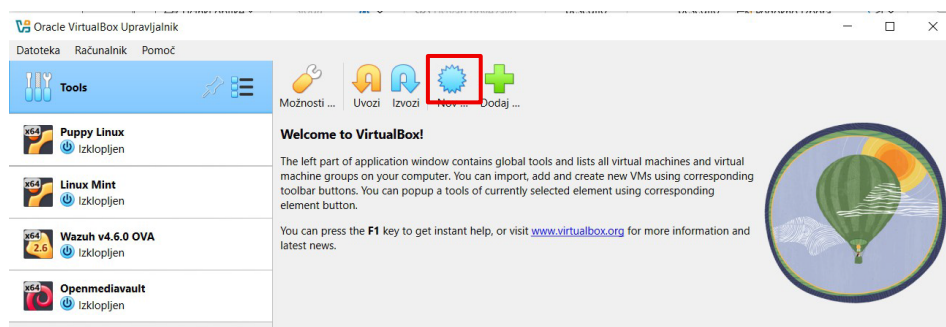
1. **Testiranje različnih operacijskih sistemov** – poganjanje Windows, Linux, macOS ali drugih OS-jev brez poseganja v glavni računalnik.
2. **Preizkušanje programske opreme** – varno preizkušanje novih aplikacij ali različic programske opreme na virtualnem stroju.
3. **Učenje in eksperimentiranje z OS** – dijaki ali študenti se lahko učijo ukaznih vrstic, upravljanja sistemov in konfiguracij brez tveganja za gostitelja.
4. **Razvoj in testiranje spletnih aplikacij** – ustvarjanje lokalnih strežnikov in
5. okolij za razvoj ali testiranje aplikacij.
6. **Ustvarjanje več OS za različne potrebe** – na istem računalniku imeti npr.
7. Windows za delo in Linux za programiranje.

8. **Oblačne simulacije** – preizkušanje virtualnih omrežij in strežnikov lokalno,
9. preden se prenesejo v oblak.
10. **Poganjanje starejših OS** – zaženemo starejše verzije Windows ali Linux, ki niso več podprte na sodobni strojni opremi.
11. **Učenje omrežij in strežnikov** – simulacija omrežij, strežnikov in več virtualnih računalnikov za laboratorijske vaje.

3.1 Uporaba programa Oracle VirtualBox

Program Oracle VirtualBox je mogoče prenesti s spletne strani <https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads> za operacijske sisteme Windows, MacOS, Linux ali Solaris.

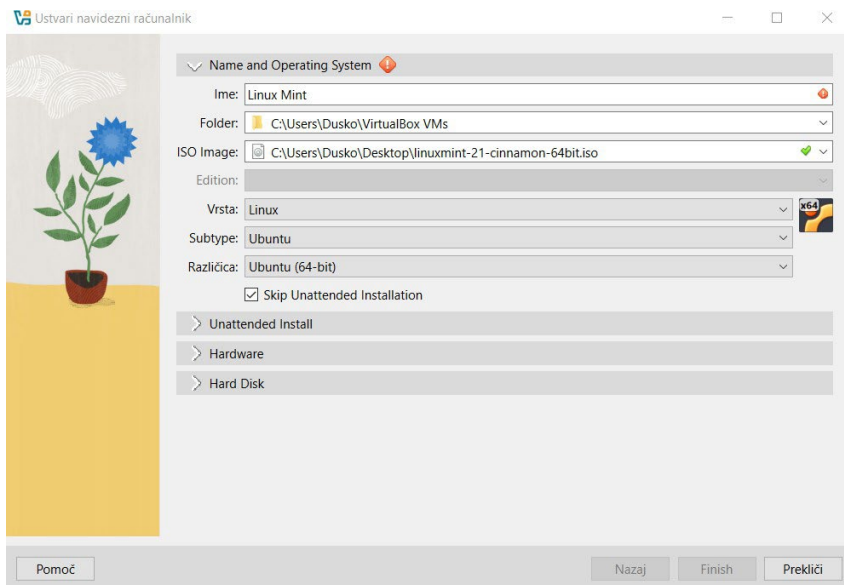
Za dodajanje nove virtualne naprave izberemo »Nov«.



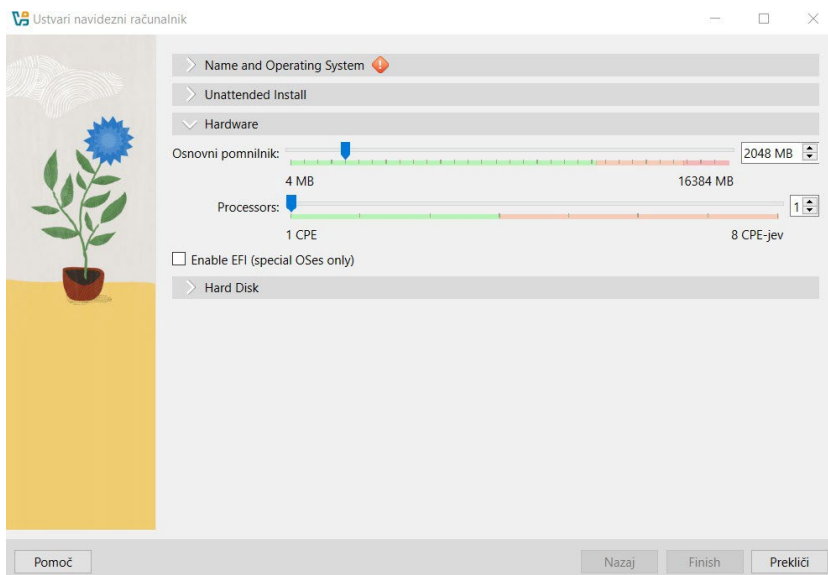
Slika 2: Prva stran

Vir: Lasten, zajem zaslona

Pod zavihkom »Name and Operating System« (slika 3) nastavimo ime virtualnega računalnika, lokacijo shranjevanja, pot do ISO datoteke ter vrsto, podvrsto in različico izbranega operacijskega sistema. Če želimo izvesti ročno namestitev operacijskega sistema, moramo označiti možnost »Skip Unattended Installation«, s čimer preskočimo tudi zavihek »Unattended Installation«.

**Slika 3: Osnovne nastavitve virtualnega računalnika**

Vir: Lasten, zajem zaslona

**Slika 4: Določanje velikosti pomnilnika in jeder procesorja**

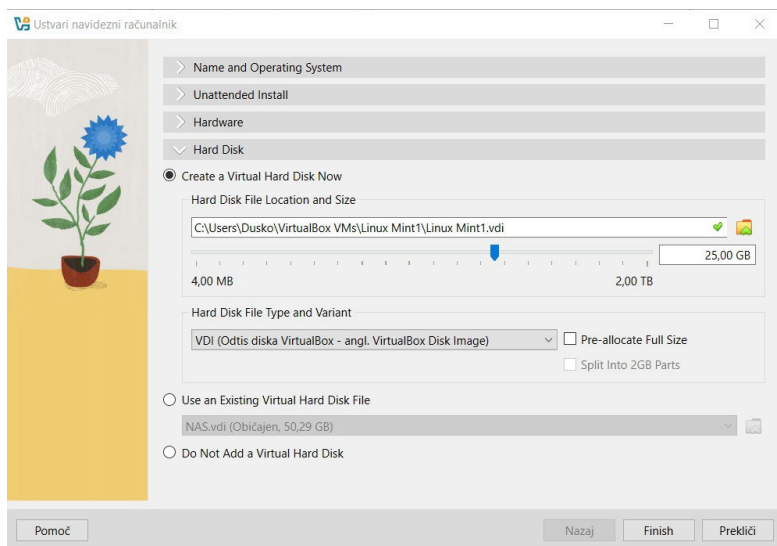
Vir: Lasten, zajem zaslona

Pod zavihkom »Hardware« (slika 4) določimo količino dodeljenega pomnilnika RAM in število procesorskih jeder. Program prikaže priporočeno zgornjo mejo do oranžne črte, saj bi v nasprotnem primeru virtualni stroj prevzel preveč virov gostiteljskega sistema. Pretirano dodeljevanje virov ni priporočljivo, saj učinkovita razporeditev omogoča hkratno delovanje več virtualnih strojev.

Večini operacijskih sistemov zadostuje eno procesorsko jedro, obstajajo pa izjeme, ki za nemoteno delovanje potrebujejo dve jedri. Dodeljene vrednosti pomnilnika in števila jeder je mogoče pozneje poljubno spreminjati v nastavitvah virtualnega stroja, če ugotovimo, da je bilo virov dodeljenih preveč ali premalo.

Pod zavihkom »Hard Disk« (slika 5) določimo velikost navideznega trdega diska. Po potrebi lahko uporabimo že obstoječi navidezni disk ali pa diska sploh ne ustvarimo, na primer, kadar testiramo operacijski sistem v živi (*ang. live*) različici. Kasneje je v nastavitvah mogoče dodajati dodatne navidezne trde diske ali jih menjati.

Ko nastavimo osnovne nastavitve, kliknemo »Finish«, s čimer se na desni strani ustvari virtualni stroj.



Slika 5: Določanje velikosti navideznega diska

Vir: Lasten, zajem zaslona

Ko je virtualizacija ustvarjena, na desni strani izberemo našo virtualizacijo in kliknemo »zaženi« (slika 1).

Oracle VirtualBox prav tako omogoča kloniranje virtualnih strojev, kar zagotavlja, da ne izgubimo podatkov med eksperimentiranjem. Poleg tega lahko virtualne stroje izvozimo in jih uvozimo na drug računalnik, kar omogoča prenos brez ponovnega nameščanja in konfiguriranja nastavitev, na primer za strežnike.

Viri in literatura

- Delforge P., (Junij, 2012). New Study Reveals "Computer Insomnia" and Higher Energy Costs and Pollution. Pridobljeno na <https://www.nrdc.org/bio/pierre-delforge/new-study-reveals-computer-insomnia-and-higher-energy-costs-and-pollution>
- Ilager, S., Toosi, A. N., Jha, M. R., Brandic, I., in Buyya, R., (April, 2024). A Data-driven Analysis of a Cloud Data Center: Statistical Characterization of Workload, Energy and Temperature. Pridobljeno na <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3603166.3632137>
- Oracle VirtualBox (n.d). User Guide for Release 7.2. Pridobljeno na <https://www.virtualbox.org/manual/>
- RedHat (December, 2024). What is Virtualization. Pridobljeno na <https://www.redhat.com/en/topics/virtualization/what-is-virtualization>
- Shehabi A., Smith S., Sartor D., Brown R., Herrlin M., Koomey J., Lintner W., Masanet E., (Junij, 2011). Small Data Centers, Big Energy Savings. Pridobljeno na <https://datacenters.lbl.gov/sites/default/files/>
- Steam, (November, 2025). Steam Hardware & Software Survey: November 2025. Pridobljeno na <https://store.steampowered.com/hwsurvey/Steam-Hardware-Software-Survey-Welcome-to-Steam>
- Sun Y., Fan J. (Januar, 2005). Analysis on Resource Utilization Patterns of Office Computer. Pridobljeno na https://www.researchgate.net/publication/221569019_Analysis_on_Resource_Utilization_Patterns_of_Office_Computer
- U.S. Department of Energy, (2011). Always On: Understanding and Managing Energy Use in Data Centers. Pridobljeno na https://www1.eere.energy.gov/manufacturing/datacenters/pdfs/always_available.pdf
- Uddin M., Rahman A. A., (Oktober, 2010). Server Consolidation: An Approach to Make Data Centers Energy Efficient & Green. Pridobljeno na <https://arxiv.org/abs/1010.5037>
- WorkTime, (2024). Computer Usage Statistics 2024. Pridobljeno na <https://www.worktime.com/pdf/worktime-computer-usage-statistics-2026.pdf>
- Wrobel M. (April, 2021). Virtualization - A concept explained. Pridobljeno na <https://knowledge.keenfinity-group.com/attachments/12585013/Virtualization%20-%20A%20concept%20explained.pdf?inst-v=57e74a23-4590-4768-addf-b72fe1ecc100>

