

ISKORIŠĆENJE OTPADNE TOPLOTE U DATA CENTRIMA UPOTREBOM TOPLOTNE PUMPE**USE OF WASTE HEAT IN DATA CENTERS BY HEAT PUMP APPLICATION**Gordan Grozdanić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – Toplotna i procesna tehnika**

Kratak sadržaj – U radu se razmatra implementacija toplotne pumpe kao alata za iskorišćenje otpadne toplote generisane unutar data centra. Toplotna pumpa se koristi u zimskom periodu za grejanje kompanije koja je vlasnik data centra, rad pumpe paralelno sa grejanjem vrši i hlađenje data centra. Takođe se vrši komparacija sa drugim sistemom grejanja, radi prikazivanja benefita i potencijala iskorišćenja otpadne toplote.

Ključne reči: Iskorišćenje otpadne toplote, toplotne pumpe

Abstract – This paper discusses the implementation of a heat pump as a tool for utilizing waste heat generated within a data center. The heat pump is used during the winter season to provide heating for the company that owns the data center, while simultaneously cooling the data center. Additionally, a comparison with other heating system is conducted to showcase the benefits and potential of utilizing waste heat.

Keywords: Waste heat recovery, heat pumps

1. UVOD

Ubrzan razvoj tehnologije i sve veća digitalizacija društva doveli su do značajnog povećanja broja data centara širom sveta. Podaci su postali ključni resurs u modernoj ekonomiji, a potreba za njihovim skladištenjem, obradom i brzim pristupom uslovljava je eksponencijalni rast infrastrukture data centara. Međutim, ovaj rast nosi sa sobom brojne izazove, od kojih je jedan od najvećih enormna potrošnja električne energije. Podaci ukazuju da data centri već sada konzumiraju značajan deo globalne električne energije, a očekuje se da će se taj udeo samo povećavati u budućnosti. Ovaj problem postaje još izraženiji u kontekstu globalnih napora za smanjenje emisije ugljen-dioksida i prelaska na održivije izvore energije.

Pored velike potrošnje energije, još jedan značajan aspekt rada data centara jeste generisanje otpadne toplote. Zbog potrebe za rashladnim sistemima, data centri generišu velike količine toplote koju je neophodno rashladiti da bi se održale optimalne temperature za rad opreme.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Kljajić, van. prof.

Iako je ovo do sada uglavnom predstavljalo problem, savremene tehnologije otvaraju mogućnosti za korišćenje te otpadne toplote u razne svrhe, uključujući grejanje zgrada, proizvodnju tople vode i čak generisanje dodatne električne energije.

U ovom radu će biti analizirani izazovi koje donosi rastuća potrošnja energije u data centrima, kao i potencijalna rešenja u vidu korišćenja otpadne toplote. Istražiće se kako inovacije u dizajnu i upravljanju data centrima mogu doprineti smanjenju njihovog energetskog otiska i kako održivi modeli mogu postati standard u ovoj oblasti u narednim decenijama.

Napraviću komparaciju između dva sistema, prvi sistem će biti sistem toplotne pumpe u kombinaciji sa klasičnim sistemom hlađenja data centra (CRAC) gde bi toplotna pumpa koristila otpadnu toplotu generisanu u data centru u svrhu dobijanja toplotne energije kojom bi se objekat grejao u zimskom periodu. Drugi sistem će biti kombinacija klasičnog sistema grejanja objekta putem daljinskog grejanja i CRAC sistema hlađenja data centra. Dobijene rezultate ćemo grafički prikazati i prokomentarisati u par rečenica, na osnovu kojih ćemo videti da li toplotna pumpa u ovakom jednom sistemu ima primenu i koliki će biti njen potencijal.

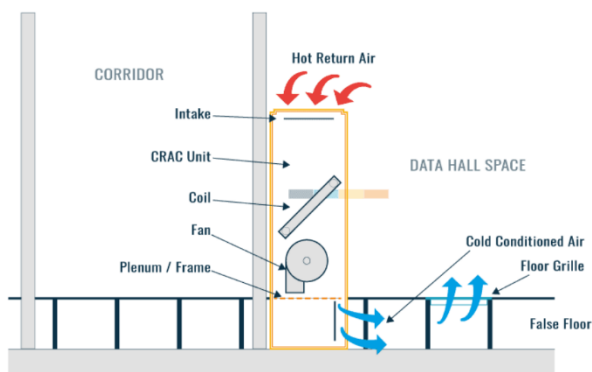
2. RASHLADNI SISTEM DATA CENTRA

Postoji nekoliko sistema za hlađenje data centara koji se koriste u industriji, uključujući jedinice za klimatizaciju računarskih prostorija (CRAC) i jedinice za rukovanje vazduhom u računarskim prostorijama (CRAH), zatim zadržavanje toplih i hladnih prolaza, hlađenje u redovima i rekovima, hlađenje ohlađenom vodom, hlađenje tečnostima, slobodno hlađenje, isparavajuće hlađenje i druge [1]. Hlađenje data centara igra ključnu ulogu u održavanju performansi sistema.

Sistemi za hlađenje u data centrima su dizajnirani da raspršuju toplotu koju generišu serveri, skladišni sistemi, mrežni hardver i razna druga oprema. Ova toplota, merena u smislu temperature, nastaje kada se električna energija pretvara u toplotnu energiju, proces koji se dešava zbog neefikasnosti elektronskih komponenti. Pored upravljanja toplotom, sistemi za hlađenje data centara takođe održavaju odgovarajuće nivoe vlažnosti unutar objekta. Time se sprečava nakupljanje statičkog elektriciteta i kondenzacije, što može dovesti do korozije. Oba faktora mogu izazvati značajnu štetu elektronskoj opremi.

U ovom radu će se za sistem hlađenja data centra uzeti sistem klimatizacije računarskih prostorija (CRAC). Sa

konfiguracijom protoka vazduha 'nadole' što se može videti na slici 1.



Slika 1. CRAC sistem sa protokom 'nadole' [2]

Jedinica CRAC (eng. Computer Room Air Conditioning) je kritični deo opreme za hlađenje, koja se sastoji od filtera, ventilatora, zavojnica i spoljnog kondenzatora sa direktnom ekspanzijom, povezanog sa nizom cevi za rashladno sredstvo radi preciznog upravljanja i kontrole temperature i vlažnosti prostora unutar specificiranih dizajnerskih tolerancija. Obično se mogu naći u prostorijama od kritičnog značaja, data centrima, prostorijama za podatke, IT ili UPS sobama [2].

3. UPARIVANJE TOPLOTNE PUMPE SA CRAC SISTEMOM HLAĐENJA

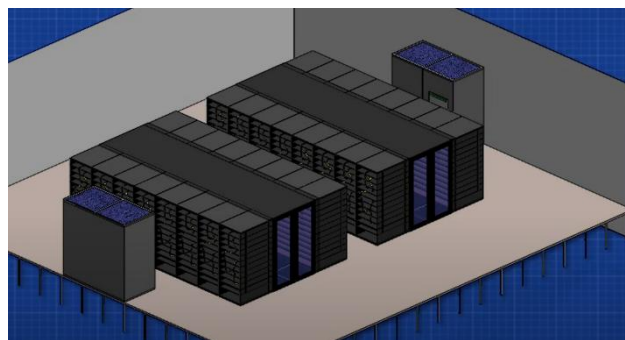
Uzimajući u obzir sve elemente data centra, lako se može izvući zaključak kako se u data centrima generiše velika količina toplote, koju je naravno potrebno izbaciti iz data centara kako bi oni mogli neometano da rade. Za to koristimo odgovarajuće rashladne sisteme koji su opisani u prethodnom poglavlju, međutim možemo primetiti kako se baš u ovom primeru baca ogromna količina toplote koja bi inače mogla biti iskorišćena. Data centre možemo posmatrati kao nepresušni izvor toplote, imajući u vidu da oni rade neprestano, naravno ne uvek u istom kapacitetu, ali konstatno rade. Stoga ću u ovom poglavlju razmatrati primenu toplotne pumpe u jednom data centru. Toplotna pumpa će biti tipa voda-voda, gde bi dobijenu vodu na nekih 55°C koristili u sistemu grejanja objekta u kom se nalazi razmatrani data centar, takođe bi objekat mogli da snabedmo i sa toplom potrošnom vodom.

Objekat koji ćemo razmatrati je IT kompanija koja u svom sklopu ima data centar čije kapacitete iznajmljuje korisnicima koji imaju potrebu za istim, a takođe koriste data centar i za svoje potrebe. Pretpostavićemo da se objekat kompanije prostire na 1700 kvadratnih metara koje bi u zimskom periodu trebalo grejati određenim kapacitetima. Za data centar ćemo pretpostaviti da sadrži 10 rekova koji generišu 15 kW toplotne energije, što bi ukupno značilo da se generiše 150 kW toplotne energije, data centar će se hladiti CRAC sistemom hlađenja koji će kao rashladno sredstvo koristiti kombinaciju vode i glikola koji se nakon što preuzme toplotu od vazduha pumpa u suvi hladnjak lociran na krovu objekta gde mu se toplota odvodi u atmosferu. Sistem opisan u prošloj rečenici bi bio slučaj u letnjem periodu kada u objektu nema potrebe za grejanjem, u zimskom periodu ne bi bilo potrebe za korišćenjem suvih hladnjaka iz razloga što bi rashladni fluid na niskoj temperaturi, odgovarajućeg protoka dobili

proticanjem glikola kroz izmenjivač na strani isparivača toplotne pumpe. Tako da preko odgovarajućeg sistema cevovoda, u zavisnosti od godišnjeg doba toplota bi od rashladnog fluida (voda-glikola) bila odvođena pomoću toplotne pumpe/suvog hladnjaka.

3.1. Način distribuiranja vazduha i pozicioniranje rekova

Najpravilnije pozicioniranje rekova, njihova orijentacija i pozicija podnih rešetki je prikazano na slici 2. Ovde možemo da vidimo kako bi celokupna oprema u jednom data centru trebala da bude raspoređena. Svaki rek u jednom redu bi trebao da bude pozicioniran tako da rek u drugom redu bude orijentisan istom stranom, odnosno prednji deo prvog reda treba da gleda na prednji deo drugog reda, kako bi se izbegle loše prakse. Takođe na ovom primeru možemo da vidim da za najveću moguću efikasnost odvajamo takozvani hladni i topli odeljak, u ovom slučaju odvajamo hladni odeljak. Ovim postižemo da ni u kom slučaju neće doći do mešanja hladnog i toplog vazduha iz razloga što je hladni odeljak fizičkom barijerom odvojen od toplog. Čitava količina svežeg vazduha koji uđe kroz podne rešetke izaći će kroz rek i zatim se vratiti nazad do CRAC jedinice, gde će nakon obrade nastaviti proces ispočetka. Istim ovakvim raspored opreme ću se ja voditi u nastavku rada, u svrhu postizanja maksimalne efikasnosti hlađenja opreme.



Slika 2. Pravilno pozicioniranje opreme data centra [3]

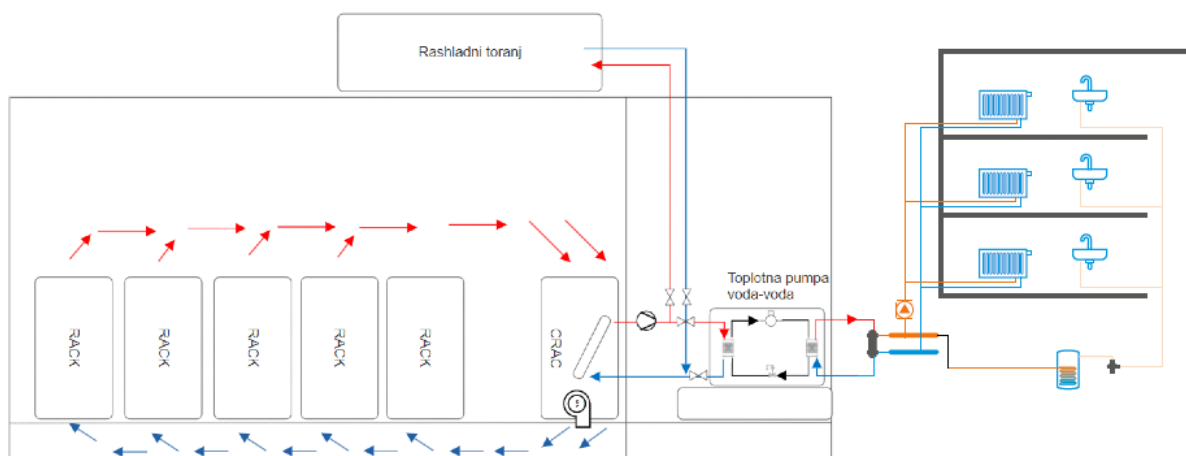
3.2. Odabir toplotne pumpe

Kao što je rečeno na početku poglavlja kompanija u kojoj se nalazi data centar u zimskom periodu ima potrebu za grejanjem površine od 1700 m². Ovde ćemo razmatrati da se potrebna toplota dobije korišćenjem otpadne toplote data centra, a ne putem daljinskog grejanja. Pretpostavićemo da je po svakom metru kvadratnom objekta potrebno okvirno $100 \frac{W}{m^2}$, dakle za potrebe grejanja ovog objekta bi nam trebala toplotna pumpa koja može da isporuči 170 kW toplotne energije. Spram ovih informacija ćemo dimenzionisati sistem toplotne pumpe, potrebna temperatura vode na izlazu iz toplotne pumpe treba da bude na 55°C koja će se koristiti u radijatorskom grejanju. Za ove potrebe sam izabrao austrijskog proizvođača Daikin a naziv modela je EWWT160QXSA1, toplotna pumpa je kao što je ranije spomenuto tipa voda-voda.

Iz tehničkih karakteristika [4] za gore navedeni model toplotne pumpe možemo da vidimo da je maksimalna količina koju toplotna pumpa može da isporuči 186,7 kW što je i više nego dovoljno za potrebe grejanja prostora kao i potrebe za toplom potrošnom vodom objekta. Potreba

kompresora za električnom energijom u režimu grejanja iznosi 42,53 kW. Kada podelimo ove dve vrednosti, odnosno isporučenu toplotnu energiju i utrošeni električnu energiju za kompresor dobijemo vrednost od 4,39 što predstavlja koeficijent učinka za ovaj model toplotne pumpe. Koeficijent učinka (eng. COP) zapravo predstavlja koliko smo jedinica toplotne energije dobili za jednu jedinicu električne energije. Protok vode za optimalan rad sa strane kondenzatora iznosi 8,92 l/s, dok sa strane isparivača iznosi 9,55 l/s. Ako pogledamo tehničke specifikacije jedne CRAC jedinice [5] koja se hladi vodom, slika 5.13. možemo da vidimo da je za model 3300.388 koji ima kapacitet hlađenja od 167 kW gde je temperatura vode 7°C /12°C, a protok vode iznosi 28,6 m³/h što kad se

pretvori u litre po sekundi iznosi 7,94 l/s. Iz ovoga može da se zaključiti da će protok vode sa strane isparivača biti dovoljan da snabde navedenu CRAC jedinicu hladnom vodom. Kao što je već rečeno temperatura vode sa strane kondenzatora će nam biti na 55 °C, dok ćemo polaznu i povratnu temperaturu vode (i glikola) koja će služiti kao rashladno sredstvo pretpostaviti na 10/15°C, koja će se dobijati sa strane isparivača u izmenjivaču toplote. Na slici 3 se može videti maskimalno pojednostavljen čitav sistem, kako bi bilo razvedeno grejanje i topla potrošna voda, kao i hlađenje data centra.



Slika 3. Šema sistema iskorišćenja toplote u data centru

$$Cena_{ukupno_{el}} = 7953€$$

4. KOMPARACIJA DVA SISTEMA

Dakle ako uzmemo, kao što smo prethodno rekli, da kompresor toplotne pumpe u režimu grejanja za rad zahteva 42,53 kW električne energije i ako to pomnožimo sa brojem sati rada pumpe, pretpostavićemo da pumpa u sezoni grejanja radi okvirno 1500 sati dobijamo sledeću vrednost:

$$Kompresor_{el} = 42,53kW * 1500 \text{ sati}$$

$$Kompresor_{el} = 63,8 MWh$$

Takođe u potrošnju električne energije treba da se uključi i potrošnja ventilatora u samoj CRAC jedinici to možemo pogledati na tehničkoj specifikaciji [5] i ona za naš model iznosi 5,64 kW, iz jednostavne računicе možemo izračunati potrošnju ventilatora u sezoni grejanja:

$$Ventilator_{el} = 5,64 kW * 1500 \text{ sati}$$

$$Ventilator_{el} = 8,5 MWh$$

Ukupna količina potrošene električne energije, svakako u celokupnom sistemu postoji još dosta potrošača, ali mi ćemo samo razmatrati ova dva:

$$Ukupno_{el} = 8,5 MWh + 63,8 MWh$$

$$Ukupno_{el} = 72,3 MWh$$

Sada kada imamo ukupnu potrošenu električnu energiju za 1500 sati možemo izračunati koliko je novca utrošeno za to, cenu električne energije za privredu ćemo uzeti da iznosi 110€ [6] po MWh što dovodi do ukupne cene od:

$$Cena_{ukupno_{el}} = 72,3 MWh * 110€$$

Na kraju nam je ostalo da prethodni sistem uporedimo sa sistemom daljinskog grejanja, dakle prvo ćemo trebati da odradimo potrebne kalkulacije. Za cenu daljinskog grejanja ćemo uzeti vrednost od 85,5€ po MWh, dok broj sati grejanja ostaje isti kao i u prošlom slučaju 1500.

Ukupna količina potrošene električne energije za potrebe hlađenja data centra u slučaju kad se objekat greje putem daljinskog grejanja najviše zavisi od ventilatora u CRAC jedinici kao i ventilatora suvog hladnjaka, potrošnju ventilatora u CRAC jedinici imamo, fali nam još potrošnja ventilatora suvog hladnjaka, iz tehničke karakteristike [7] proizvođača kaltra koji bi pokrio potrebe za ovde razmatrani data centar možemo to lako da izračunamo:

$$Suvi hladnjak_{el} = 3,4 kW * 1500 \text{ sati}$$

$$Suvi hladnjak_{el} = 5,1 MWh$$

Sada lako možemo da izračunamo ukupnu utrošenu električnu energiju:

$$Ukupno_{el} = 8,5 MWh + 5,1 MWh$$

$$Ukupno_{el} = 13,6 MWh$$

Na osnovu prethodno dobijene ukupne količine električne energije možemo da izračunamo cenu električne energije:

$$Cena_{ukupno_{el}} = 13,6 MWh * 110€$$

$$Cena_{ukupno_{el}} = 1.496,5€$$

Potrebe za toplotnom energijom su sledeće:

Potrebe za toplotnom energijom

$$= 1700 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * 1500 \text{ sati}$$

Potrebe za toplotnom energijom = 255 MWh

Sada kad imamo ukupne potrebe za toplotnom energijom možemo da izračunamo koliko bi novca bilo potrebno za to:

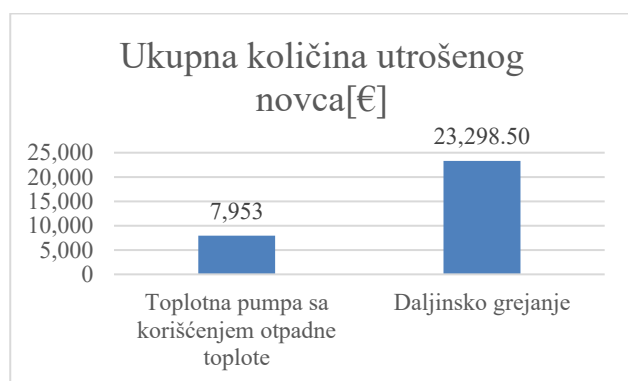
$$\text{Cena ukupno}_{te} = 255 \text{ MWh} * 85,5 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$$

$$\text{Cena ukupno}_{te} = 21.802,5 \text{ €}$$

Iz ovog možemo da izračunamo ukupnu količinu potrošenog novca potrebnog za hlađenje data centra i grejanje objekta kompanije:

$$\text{Cena ukupno} = 21.802,5 \text{ €} + 1.496,5 \text{ €}$$

$$\text{Cena ukupno} = 23.298,5 \text{ €}$$



Grafik 1. grafik komparacije dva sistema

Sa grafika 1. možemo da vidimo kako je najviše novca utrošeno u situaciji gde se objekat greje putem daljinskog grejanja, ali tu moramo da uzmemo u obzir da nije bilo potrebe za kapitalnim ulaganjem u sistem toplotne pumpe koji su inicijalno dosta visoki, međutim ako uzmemo u obzir ove vrednosti možemo reći da bi se investicija mogla isplatiti kroz nekoliko grejnih sezona gde bi nakon toga praktično imali dosta povoljnije cene grejanja. Sa tim da pored što štedimo novca koristimo otpadnu toplotu koja bi inače bila ispuštena u okolinu i bila neiskorišćena.

5. ZAKLJUČAK

Istraživanje je pokazalo da otpadna toplota koju generišu data centri može biti vredan resurs koji se može iskoristiti za grejanje zgrada, industrijske procese ili čak proizvodnju dodatne energije. Ovo predstavlja važan korak ka održivijim modelima upravljanja energijom, jer omogućava značajno smanjenje troškova i smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu. Primeri uspešne primene ovih tehnologija u pojedinim zemljama ukazuju na to da je integracija sistema za ponovno korišćenje otpadne toplote moguća i da može postati standard u budućnosti. Prema tome, unapređenje energetske efikasnosti data centara, uključujući korišćenje otpadne toplote, predstavlja ključno rešenje za održiviju budućnost digitalne infrastrukture. Uloga inovacija i odgovarajućih politika u ovom procesu biće od suštinske važnosti za postizanje ovog cilja i za usklađivanje rasta digitalne ekonomije sa globalnim energetske i ekološkim zahtevima.

Ne samo da je integracija toplotne pumpe u jedan data centar moguća, već i poželjna imajući u vidu dobijene

vrednosti. Većina kompanija koja su locirana u gradovima u zimskom periodu toplotnu energiju dobijaju putem daljinskog grejanja. Ako pogledamo objekat koji smo mi razmatrali u ovom radu na godišnjem nivou troškovi samo za grejanje iznose cca 21.802,5 €, što možemo se složiti nisu zanemarljivi troškovi, naravno na to trebamo da dodamo i troškove hlađenja data centra. Međutim, ove troškove je moguće značajno smanjiti, na početku bi bila zahtevana relativno visoka kapitalna ulaganja, koja bi kroz nekoliko godina naravno bila isplativa. Uzmimo za primer kombinaciju sistema toplotne pumpe, koji bi koristio otpadnu toplotu, i sistema hlađenja data centra. Ovde možemo da vidimo koliko bi novca na godišnjem nivou bilo sačuvano što bi iznosilo više od 60% ako uzmemo da se godišnje na električnu energiju troši cca 8.000€ a sistem daljinskog grejanja cca 23.000€. I upravo na ovom primeru možemo da vidimo potencijal toplotne pumpe u ovakvom sistemu, osim novca se smanjuje i karbonski otisak jednog data centra koji nije zanemarljiv, i koji će vremenom postajati sve veći.

Detaljnijom analizom cene razmatrane toplotne pumpe bi mogli dobiti tačan period otplate razmatranog sistema, međutim to nije bila tema ovog rada. Tema je bila da se prikaže mogućnost implementacije toplotne pumpe u jedan ovakva sistem i njena upotreba za iskorišćenje otpadne toplote. Kroz cifre je prikazan da je ovako nešto izvodljivo i da ima izuzetan potencijal koji bi trebao biti iskorišćen, i koji će verovatno u neposrednoj budućnosti biti iskorišćen zarad postizanja veće efikasnosti jednog data centra kao celine.

6. LITERATURA

- [1] Dgtl infra, Dostupno na: <https://dgtlinfra.com/data-center-cooling/> [Datum pristupa 16.08.2024].
- [2] Construct and commission, Dostupno na: <https://constructandcommission.com/what-is-a-crac-unit/> [Datum pristupa 24.08.2024].
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=WNOyBdWZNwE>
- [4] Daikin, Dostupno na: https://www.daikin-ce.com/en_us/product-group/commercial-heat-pumps/EWWT-Q-EWHT-Q-EWLT-Q.html
- [5] Rittal, Dostupno na: https://www.rittal.com/it-solutions/_CRAC.pdf
- [6] Balkan Green Energy Group, <https://balkangreenenergynews.com/rs/cena-struje-za-privredu-u-srbiji-od-1-maja-110-evra-po-mwh/>
- [7] Kaltra, <https://www.kaltra.com/products/dry-coolers/bora-dry-coolers>

Kratka biografija:



Gordan Grozdanić rođen je u Novom Sadu 1998. god. Završio je srednju Tehničku školu u Bečeju i osnovne akademske studije na Fakultetu Tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Čiste energetske tehnologije.