

# Okoljsko manj obremenjujoč modularni računski center visoke gostote na strešni terasi UL FRI

## Tehnične specifikacije

Tudi na Fakulteti za računalništvo in informatiko (UL FRI) smo že dolgo prisotni v raziskavah umetne inteligence. Vse od pojava globokih nevronske mreže je ta trend le še močnejši. Velika večina laboratorijev pri vsaj delu svojih raziskav posega po učenju modelov globokih nevronske mreže. S pojavom generativnih modelov in izjemno uspešnostjo velikih jezikovnih modelov kot je ChatGPT se ta trend le še stopnjuje. Slednje vpliva tudi na naložbe v strojno opremo, ki praviloma vsebuje vedno večje in močnejše GPU enote in vedno večje število navzkrižno povezanih le-teh na posamezen sistem. Energijske zahteve posameznih sistemov se posledično vztrajno višajo.

Obstoječi podatkovni center UL FRI je bil grajen kot komunikacijski/poslovni podatkovni center z omejitvijo cca 7kW na strešniško omaro, N+N napajanjem in N+N zračnim hlajenjem preko dvignjenega poda in še brez uporabe tople in/ali hladne cone. Posledično ima podatkovni center nizko energijsko učinkovitost (visok PUE). Z vse pogostejšim vnosom strojne opreme, ki po večini vsebuje vedno več GPU enot, ki nazivno moč posameznih sistemov dvigajo nad 3.5kW in v bližino ali višje od 1kW/U (npr. DGX-A100 6.5kW 6U, DHX-H100 10.2kW 8U) smo na UL FRI že dosegli in tudi presegli kapacitete tega centra. Rešuje nas zgolj vzorec uporabe strojne opreme, ki v krajših obdobjih dosega 65%, a se v povprečju vrti okrog 35% nazivne moči.

Kot rešitev problema v svojih vzdrževalnih načrtih UL FRI vidi vzpostavitev sodobnega modularnega podatkovnega centra visoke gostote na strešni terasi fakultete. Ponudnik mora ponuditi rešitev na ključ po sistemu "design & build", ki bo ob zasledovanju zelenih rešitev (nizkega ogljičnega odtisa in visoke energijske učinkovitosti – čim nižji PUE, WUE, CUE in TCO) pokrila vse potrebe obstoječega podatkovnega centra ter hkrati omogočila rast in prilagajanje trendom, ki so v svetu podatkovnih centrov visoke gostote že vidni (vodno hlajenje). Vsi sestavni deli ponudbe morajo biti uvrščeni v najvišji energijski razred dostopen na trgu.

### Priloge:

- Statična presoja in zasnova podesta; izvajalec je dolžan pred izvedbo konstrukcije podesta izdelati delavniške načrte, ki jih mora potrditi pooblaščen inženir; izvajalec je dolžan sanirati vsa mesta, kjer je bil ovoj stavbe med montažo jeklene konstrukcije odstranjen ali poškodovan; to obsega izvedbo ustrezne hidroizolacije, toplotne izolacije, dobetoniranje parapetnega zidu, izvedbo ustrezne odkapne pločevine in vsa povezana dela; izvajalec je dolžan zagotoviti izvedbo detajlov, ki preprečujejo zamakanje in degradiranje konstrukcije;
- Sheme glavnega elektrodistribucijskega vozlišča in električnih razvodov objektov UL FRI, X in FKKT; obremenitev DEA na dan 7. 5. 2024 ob 14h;

Osnovne karakteristike, ki jih rešitev mora izpolnjevati so naslednje:

1. Modularni podatkovni center
  - Glede na izvedeno statično presojo se uporabi površina v kvadrantu C9-D11; dimenzije skupno:  $\leq 19\text{m}$  dolžine,  $\leq 4.75\text{m}$  širine; modul  $\geq 10.5\text{m}$  dolžine,  $\geq 3.6\text{m}$  širine,  $\geq 3.8\text{m}$  višine; npr. v statični presoji so bile uporabljene dimenzije  $14\text{m} \times 4\text{m} \times 4\text{m}$  (DxŠxV) za modul,  $1.15\text{m} \times 4.75\text{m} \times 2.25\text{m}$  (ŠxDxV) za klimatski agregat in  $1.5\text{m}$  razmika med njima; glede na statično presojo je ob upoštevanju ostalih omejitev in omejitev glede skupne teže možen previs čez prečne elemente podesta, ki imajo ekstreme na razdalji  $16\text{m}$ , za

+1.5m v vsako smer (do skupne dolžine 19m); podrobna uskladitev statične presoje in podesta se bo z izbranim ponudnikom izvedla v fazi priprave PZI; naročnik bo rešitve, ki so izvedene v več nadstropjih ali rešitve, kjer je skupna višina modula, brez podesta, višja od 4.5m (strelovodi izvzeti), obravnaval kot nedopustne.

- Glede na izvedeno statično presojo je v skrajnem primeru možna uporaba tudi površine v kvadrantu C12-D13 (npr. za postavitve zunanjih hladilnih agregatov in/ali ločeno postavitve elektrodistribucijskega vozlišča modularnega podatkovnega centra, UPS z baterijskim sklopom, oz. drugih podpornih elementov); v primeru uporabe le-te mora ponudba vključevati tudi stroške zasnove, izdelave in postavitve dodatnega podesta in pri snovanju celotne rešitve upoštevati skupno maksimalno težo; naročnik želi sicer površino v kvadrantu C12-D13, če je mogoče, ohraniti nedotaknjeno za namene eventuelne postavitve fotovoltaične elektrarne oz. za namene eventuelne postavitve drycooling enot, ki bi v prihodnosti podprle visokotemperaturne tekočinske kroge modularnega centra; v ta namen naj rešitve v tekočinskih razvodih z ustreznimi ventili predvidijo tudi možnost priklopa drycooling enot v prihodnosti s čimmanjšimi možnimi posegi na infrastrukturo;
- Maksimalna skupna teža (modul + elektro in cevni razvodi, tekočine in vsa ostala oprema + maksimalna količina IT opreme glede na število in nosilnost omar + klimatski agregat + podest): največ 48.6T, od tega glede na specifikke statične presoje podest 6.5T;
- Urejena splošna razsvetljava in zasilna razsvetljava; LED razsvetljava z avtomatskim vklopom/izklopom ob zaznanem gibanju;
- Protiprašna, protikorozijska in proti prepustna zaščita klasifikacije vsaj C3 (ISO 12944:2018 Barve in laki - Korozijska zaščita jeklenih konstrukcij z zaščitnimi premaznimi sistemi); obstojnost in mehanska odpornost naj bo vsaj razreda medium, z življenjsko dobo 7-15let; naročnik ne sme imeti skritih stroškov vzdrževanja ob uporabi;
- Proti prahu, tekočinam, ognju, temperaturnim vdorom in drugim elementom tesnjene uvednice za napajalne, tekočinske, komunikacijske in vse ostale povezave;
- Vsaj ena vstopna vrata dvojne širine in višine  $\geq 230\text{cm}$ ;
- Protivlomna zaščita vstopnih vrat vsaj RC2;
- Platforma pred vstopnimi vrati in dostopna klančina, ki omogoča dostavo (tudi npr. z dvigalom) in vnos ter iznos celotne pred-konfigurirane strežniške omare dimenzije  $80 \times 1200\text{cm}$  (ŠxV) in višine vsaj 48U (ter teže  $\geq 1500\text{kg}$ );
- Ustrezna varnostna zaščita okolice in dostopov (npr. ograje) ter ozemljitve in zaščita pred udari strele v skladu s pravili stroke;
- Okolju in v skladu s stroko ustrezne maksimalne obremenitve (vetra, naloženega snega, tal v notranjosti);
- V modulu je potrebno zagotoviti dovolj prostora za vsaj 8 zračno hlajenih strežniških omar dimenzije  $80 \times 120\text{cm}$  (ŠxD), eno D2C (direct-to-chip) tekočinsko hlajeno omaro dimenzije  $80 \times 120\text{cm}$  (ŠxD) in en, centralni, CDU dimenzije  $80 \times 120\text{cm}$ ;
- Učinkovit sistem hlajenja, ki upošteva priporočila v skladu z ASHRAE TC 9.9 pete izdaje, in zasnovan skladno z zahtevami sistemov NVIDIA DGX-A100/H100/H200/B200 ter NVIDIA GB200 NVL36/72;
- Zunanji hladilni agregati in ostali elementi morajo zagotavljati obratovanje celotnega modularnega podatkovnega centra v omejitvah, ki jih za okolje narekujejo določila Uredbe o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 43/2018, s spremembami in dopolnitvami); UL FRI ter bližnji objekti Biotehniške fakultete (cca 110m) in stanovanjskih objektov (cca 200m), se nahajajo v različnih območjih varstva hrupa; izpostavljamo stanovanjske objekte, ki se nahajajo v območju II, kjer znaša mejna vrednost za noč 45dB(A);

## 2. Strežniške omare

- Skupno vsaj 336U prostora;
- $\geq 8$  omar pri omejitvi vsaj 30kW/omaro; dimenzije:  $\geq 80\text{cm}$  širine,  $\geq 120\text{cm}$  globine,  $\geq 42\text{U}$  višine

- Statična nosilnost:  $\geq 1400\text{kg}$ ;
- $\geq 110\text{cm}$  (zaželeno  $125\text{cm}$ ) prostora na sprednji strani omar; v primeru rešitve z RDHx (angl. active rear door heat exchanger)  $\geq 65\text{cm}$  na zadnji strani omar oz.  $\geq 80\text{ cm}$  pri odprtih vratih ne glede na izbrano tehnologijo notranjega hlajenja; omogočeno mora biti polno odpiranje prednjih in zadnjih vrat  $\geq 90$  stopinj ter servis in izvleka strežniške opreme na obeh straneh omare;
- Omare morajo dopuščati preureditev omare v D2C (direct-to-chip) tekočinsko hlajeno brez dodatnih posegov (razen dokupa in brezvijačne pritrditve razvodnikov tekočine – angl. manifolds, ter in-rack CDU enote);
- Omare morajo biti opremljene z visokonosilnimi kolesi in nivelirnimi nogicami za fiksno postavitev;
- Omare v vrsti omar morajo biti medsebojno fiksno spojene in individualno ozemljene;
- Vrsta omar mora dopuščati možnost odstranitve omare (do treh) in naknadnega vnosa ter iznosa celotne pred-konfigurirane strežniške omare vsaj enake in manjše dimenzije;
- Omare morajo dopuščati možnost postavitve organizatorjev kablov na sprednji in zadnji strani omare; možnost kabliranja strežnikov z mrežnimi priključki na sprednji strani; možnost pomika prednjih vertikalnih profilov in s tem lica strežnika oz. mrežnega stikala v smeri proti zadnji strani omare za doseg odmika od sprednjih vrat vsaj  $15\text{cm}$  in s tem možnost uporabe DAC kablov z večjim minimalnim upogibnim radijem;
- Brezvijačna (Tool-less) montaža in demontaža vseh dodatkov;
- Zaprte, a odstranljive stranske stranice; povezljive s sosednjimi omarami z vseh strani;
- Vsi robovi posneti, noben ne sme biti oster;
- Zaprta, a odstranljiva streha in dno s pred-pripravljenimi predvidenimi prehodi brez ostrih robov za potrebe elektrodistribucijskih in tekočinskih razvodov ter mrežnih povezav; prehodi morajo biti ustrezno zaščiteni in tesnjeni za preprečevanje uhajanja oz. mešanja toplega in hladnega zraka, skladno s predlagano tehnologijo notranjega hlajenja;
- V zadnjem delu omar prostor za brezvijačno pritrditev  $\geq 4$  rPDU enot, na način, ki ne zaseda koristnega prostora v omari (ZeroU);
- V vsaki omari morata biti priložena dva vertikalna (ZeroU) organizatorja kablov z brezvijačno pritrditvijo (vsaj 16 rink) ter vsaj dva horizontalna 1U organizatorja kablov, ki ne dopuščata uhajanja oz. mešanja toplega in hladnega zraka, skladno s predlagano tehnologijo notranjega hlajenja;
- Stranske stranice morajo za potrebe kratkih mrežnih povezav omogočati tudi stranski prehod v sosednjo omaro tako v sprednjem kot zadnjem delu omare; prehodi morajo biti brez ostrih robov, zaprti in zaščiteni z metlicami oz. na način, ki preprečuje uhajanje oz. mešanje toplega in hladnega zraka skladno s predlaganim pristopom notranjega hlajenja;
- Skladno s predlaganim pristopom notranjega hlajenja (npr. RDHx) in širino omar morajo biti omare opremljene z vertikalnimi pregradami ob vertikalnih profilih (tako spredaj kot zadaj), ki preprečujejo uhajanje in neželeno mešanje toplega in hladnega zraka; v omari morajo biti predvideni prehodi za mrežne povezave iz sprednje na zadnjo stran strežniške omare; prehodi morajo biti brez ostrih robov in ustrezno zaščiteni ter tesnjeni za preprečevanje uhajanja oz. mešanja toplega in hladnega zraka, skladno s predlagano tehnologijo notranjega hlajenja;
- Skladno z predlaganim pristopom hlajenja morajo biti prednja vrata a) enokrilna, perforirana z visoko propustnostjo (v primeru RDHx ali inRow ali pol-zaprti inRow z zaprtim hrbtiščem) ali b) polna nepropustna (polno zaprti inRow ali pol-zaprti inRow z zaprtim prednjim delom); zadnja vrata a) perforirana visokopropustna dvokrilna (inRow ali pol-zaprti inRow z zaprtim prednjim delom) ali b) polna nepropustna (polno zaprti inRow ali pol-zaprti inRow z zaprtim hrbtiščem); v primeru uporabe tehnologije RHDx slednji nadomešča zadnja vrata;

- Omare morajo biti dobavljene z vertikalnimi polnili, ki preprečujejo pretok zraka skozi prazne prostore v omari; v vsaki omari morajo biti polnila za vse višine ter najmanj 50 vijakov in namenskih matic za montažo opreme na vertikalne profile;
- 19" vertikalni profili morajo biti po globini premični, z vidno označenimi in oštevilčenimi vertikalnimi višinami, tako na sprednji kot na zadnji strani omare; omogočati morajo namestitve opreme po vsej višini;
- Na primer: NetShelter SX Gen2, Vertiv Knur DCM ali enakovredni;

### 3. rPDU

- Postavitev mora biti izvedena tipa ZeroU (vertikalna lettev) v zadnjem delu omar, na način ki ne zaseda koristnega prostora v omari;
- Dva – dvojno napajanje (A+B) na strežniško omaro (različne barve za A in B, v vseh omarah enako);
- Nazivna moč:  $\geq 43\text{kW}$ , tri fazni priklop;
- Število priključkov:  $\geq 36$ ,  $\geq 3$  priključki na preklopnik,  $\geq 12$  priključkov na fazo;
- $\geq 21$  kombiniranih priključkov z možnostjo priklopa vsaj C13/C19 konektorjev brez dodatnih posegov:
- Priključki C13  $\geq 10\text{A}$ , C19  $\geq 16\text{A}$ ;
- Priključki morajo preprečevati nezaželene izklope;
- Priključki morajo biti barvno označeni glede na odklopnik;
- rPDU mora ponujati programirljivost priključkov ter merjenje porabe na nivoju posameznega priključka (angl. switched metered by outlet);
- Zagotavljati mora  $\leq 1\%$  napako merjenja dohodne in izhodne moči;
- Omogočati mora priklop senzorjev temperature, vlage, zračnega pretoka, izliva vode;
- Barvni LCD prikazovalnik z lokalnim aktivnim prikazom podatkov (trenutna poraba);
- Mrežno upravljanje; vsi rPDU morajo biti vključeni v centralni nadzorni sistem;
- Instalacija mora biti izvedena brez uporabe orodja (tool-less);
- Na primer: APC NetShelter 10450SM, Vertiv Geist VP7G7002/4 ali enakovredni

### 4. Električna in ostala distribucija

- Nadglavni razvod električne, tekočinske/cevne in druge napeljave, urejevalniki kablov; v primeru dvignjenega poda podtalni razvod tekočinske/cevne napeljave ločen od električnega (nadglavni);
- Visokonapetostna Busbar distribucija do posamezne omare; na primer: Vertiv Powerbar iMPB, Schneider Electric Canalis ali enakovredni; zagotovljena mora biti ustrezna kapaciteta; podprt mora biti priklop visokoenergijskih strežniških omar tipa NVIDIA GB200 NVL36/72;
- Poljubno premični, priklopni odvodi iz busbar; brezvijačna (tool-less) montaža in demontaža, brez zahteve po izklopu glavnega napajanja;
- Možnost zaustavitve in servisiranja posamezne omare neodvisno od vseh ostalih - brez potrebe po zaustavitvi ostalih, in sicer tako na nivoju električnega kot tekočinskega razvoda;
- Spremljanje aktivnega stanja porabe na nivoju posamezne strežniške omare (vsaj za D2C strežniške omare) in celotnega podatkovnega centra;
- Vsaj en servisni 230V šuko priključek v modulu;
- Glavno elektrodistribucijsko stikališče skupaj z UPS mora biti urejeno na način, ki v prihodnosti brez večjih posegov dopušča v celoti prehod na ločen, samostojen DEA; omogočati mora tudi vzpostavitev še drugega enakovrednega podatkovnega centra na strešni terasi UL FRI; v trenutni fazi se lahko za pokrivanje vsaj polovične kapacitete preko razpoložljivih odklopnikov izkorišča del obstoječega DEA (odklopniki E3+E4);

### 5. Neprekinjeno napajanje

- *Naročnik načrtuje hibridni modularni podatkovni center visoke gostote z delom IT opreme, ki bo zračno hlajena in delom opreme, ki bo D2C (direct-to-chip) tekočinsko hlajena; načrtovana poraba zračno hlajene opreme do 240kW; skupna poraba zračno in tekočinsko hlajene opreme 300-400kW;*
- Splošno napajanje, razsvetljava, nadzorni sistemi in hladilni agregati na omrežnem napajanju – glede na razpoložljivo zalogo moči lahko ponudnik sisteme podpre tudi z obstoječim DEA (odklopniki E3+E4);
- Napajanje ključnih elementov – sistemskih omar (zračnih in D2C) ter kritične opreme (vsaj nadzorni in alarmni sistemi, krmilni sistemi hladilnih agregatov, notranje hladilne enote, črpalke, CDU sistemi sekundarnih/ega tekočinskih/ega krogov/a) mora biti podprto z modularnim UPS sistemom neprekinjenega napajanja; interna redundanca UPS sistemov neprekinjenega napajanja N+1;
- $\geq 97\%$  učinkovitost v načinu dvojne konverzije ( $\geq 94\%$  pri 20% obremenitvi);
- $\geq 99\%$  učinkovitost v eko načinu delovanja;
- Li-ion baterijski sklop;
- $\geq 6$ min avtonomije neprekinjenega napajanja (sistemskih omar ter kritične opreme) pri polni električni obremenitvi (vsaj 400kW);  $\geq 20$ min pri polovični električni obremenitvi (vsaj 200kW);
- Centralno, mrežno upravljanje in spremljanje;
- Modularna izvedba z možnostjo povečevanja kapacitete; možnost dodajanja ali menjave modulov in servisiranja brez izklopa opreme (lahko s servisnim obvozom – angl. Service Bypass);
- na primer: Galaxy VL, Libert APM2 ali enakovredni

#### 6. Hladilni agregati in notranje hlajenje

- *Naročnik načrtuje maksimalno porabo zračno hlajene IT opreme do 240kW, z omejitvijo do 30kW/omaro*
- *Naročnik dodatno k zračno hlajeni IT opremi že uvodoma načrtuje vsaj eno D2C (angl. direct-to-chip) tekočinsko hlajeno strežniško omaro (cca 60kW tekočinsko + cca 10kW zračno), npr. NVIDIA GB200 NVL36; nadalje naročnik načrtuje postopno dodajanje tekočinsko hlajenih omar po principu nadomeščanja, oz. pretvorbe zračno hlajenih omar, za/v tekočinsko hlajene do skupne porabe 300-400kW; ponudnik mora zagotoviti ustrezen električni razvod do modula, hlajenje ter tekočinski razvod;*
- Zunanji hladilni agregati istih moči s prostim hlajenjem in opsijsko adiabatnim predohlajanjem, ki vsaj do polovične obremenitve podatkovnega centra nudijo N+N redundanco; krmilni sistemi in črpalke vezane na UPS, zalogovnik vode, ki omogoča premestitve kratkotrajnih izpadov do ponovnega zagona hladilnega sistema; npr. 2x Liebert FGA020, 2x Uniflair TSAF ali enakovredni;
- Rešitev postavitve zunanjih hladilnih agregatov mora biti izvedena na način, ki preprečuje vibracije in prenos le teh na okolje;
- Za potrebe višanja učinkovitosti oz. znižanja TCO (skupnega stroška lastništva) lahko zunanji hladilni agregati delujejo tudi v sodelovalnem načinu (t.i. angl. Intelligent Freecooling);
- Za potrebe višanja učinkovitosti rešitve oz. znižanja TCO, če je slednje smiselno glede na podnebni profil okolja, se lahko uporabijo zunanji hladilni agregati s prostim hlajenjem in adiabskim predohlajanjem, vendar je v tem primeru v rešitvi potrebno predvideti ter v ceno ponudbe vključiti tudi posege za vzpostavitev potrebne vodne infrastrukture (vodni priklopi in odvodi na strešni terasi trenutno niso na voljo) in pri tem upoštevati karakteristike kvalitete vode (ter morebitne biološke, kemične in druge obdelave tako dohodne kot odpadne vode), ter pri izračunu TCO upoštevati tudi letni strošek porabe in obdelave vode;
- Zunanji agregati morajo ponujati kar se da natančno regulacijo izstopnega hladilnega medija in prilagajanje potrebni moči v vsakem trenutku; ponujati morajo centralno,

- mrežno upravljanje in spremljanje; opremljeni morajo biti z merilci električne porabe energije in omogočati oddaljeno spremljanje porabe za namen optimizacije delovanja;
- Notranje hlajenje mora biti izvedeno v tehnologiji In-Row, In-Row closed-loop, In-Row hybrid-loop, RDHx (angl. Active Rear Door Heat Exchanger), ali kombinaciji; npr. Uniflair CW InRow, Knurr DCL InRow, Knurr DCD RDHx ali enakovredni
  - V primeru uporabe In-Row enot v osnovni izvedbi (ne closed-loop ali hybrid-loop) ločena topla in/ali hladna cona;
  - V primeru uporabe RDHx mora, skladno z načrti proizvajalca, nad omarami pod stropom modula biti zagotovljen prosti prehod (brez ovir) ustrezne višine, ki omogoča nemoten pretok zraka iz hrbtne na sprednjo stran omara ter s tem optimalno delovanje RDHx enot in preprečevanja nastanka potencialnih različnotemperaturnih območij;
  - Notranje hladilne enote morajo biti v izvedbah z elementi redundance N+1 (vsaj N+1 aktivni ventilator v primeru RDHx, oz. N+1 enota in N+1 aktivni ventilator v primeru In-Row); dvojni priklop na napajanje;
  - Enote morajo podpirati zamenjavo okvarjenega ventilatorja med delovanjem (hot-swap);
  - Vse notranje enote morajo biti opremljene s TFT ekrani na dotik za spremljanje parametrov in alarmov ter senzorji (vsaj temperatura dohodnega zraka v strežnike v hladni coni na vsaj treh nivojih, temperatura v zadnjem delu strežniške omare na vsaj treh nivojih, temperatura izhodnega zraka iz enote, temperatura dohodne in povratne vode, krmilnik ventila pretoka vode, detekcija izliva tekočin, ter v primeru RDHx tudi razlika v pritisku in detekcija odprtih vrat), ki zagotavljajo aktivno prilagajanje pretoka vode in hitrosti vrtenja ventilatorjev glede na trenutne razmere, optimizacijo porabe ter centralno, mrežno upravljanje in spremljanje; izvajati se mora kontrola in preprečevanje kondenzacije;
  - Možnost ločenega servisa (obvoda) posamezne hladilne enote brez vpliva na ostale; pri D2C tekočinsko hlajenih omarah možnost polnega obvoda in izklopa posamezne omare neodvisno od ostalih;
  - Zagotovljeno zračno hlajenje za 240kW, vsaj 30kW/omaro, pretok zraka in ostale zahteve skladno z ASHRAE 9.9 peta izdaja in zahtevami sistemov NVIDIA DGX-A100/H100/H200/B200 oz. enakovredne; **ponudnik mora predložiti izračune tehničnega hlajenja, ki dokazujejo a) doseganje zahtevane hladilne moči zračnega hlajenja na omaro (v postavitvi z 8 zračno hlajenimi omarami in eno dodatno D2C tekočinsko hlajeno omaro), in b) omogočanje redundance N+N do polovične električne obremenitve ( $\geq 200\text{kW}$ ) z možnostjo obratovanja v izključno zračno hlajenem režimu (brez D2C tekočinsko hlajenih omar);** v izračunih morajo biti podani vsi uporabljeni temperaturni režimi (vsaj dohodna in povratna temperatura primarnega tekočinskega kroga, dohodna in povratna temperatura sekundarnega tekočinskega kroga, temperatura okolja – vstopna temperatura v strežniške omare, temperatura v zadnjem delu strežniških omar) - izračuni morajo biti izvedeni pri zunanji temperaturi 40C s 45% relativno stopnjo vlažnosti in 24C temperaturo okolja v modulu - temperaturo dohodnega zraka v strežnike; načrt zračnega hlajenja in temperaturni režimi s katerimi ponudnik dokazuje doseganje zahtevane hladilne moči zračnega hlajenja na omaro morajo biti pripravljeni za stanje z 8 zračno hlajenimi omarami in eno dodatno D2C tekočinsko hlajeno omaro, vse pri polni obremenitvi in ta načrt ter temperaturni režim se uporabi pri izračunu TCO, za vsa leta enak; ker omare v prvih letih ne bodo polno obremenjene, se bo sistem pred zagonom uravnotežil na pretoke in temperaturne režime, ki jih zahteva vgrajena oprema;
  - Predpriprava za tekočinsko hlajenje D2C (angl. direct-to-chip) glede na zahteve sistemov tipa NVIDIA GB200 NVL36/72; v fazi priprave idejne zasnove se za tekočinsko hlajenje D2C omare upoštevajo karakteristike: omara 90"x24"x42" (HxWxD), 1500kg, 70kW (D2C delež 6/7), temperatura dohodnega zraka <40C, temperatura dohodne hladilne tekočine primarnega tekočinskega kroga <36C, temperatura dohodne hladilne tekočine

sekundarnega tekočinskega kroga <40C, maksimalna povratna temperatura hladilne tekočine sekundarnega tekočinskega kroga 65-70C, pretok tekočine 1.5lpm/kW, pritisk ~10psi, filtracija <25um; predlagana rešitev mora že uvodoma (angl. day 0) upoštevati eno D2C omaro, dodatno poleg zračno hlajenih (strežniška omara je del računalniškega sestava, ki ni predmet tega naročila, natančne specifikacije bodo na voljo v času priprave PZI); predlagana rešitev mora dopuščati možnost dodajanja novih D2C tekočinsko hlajenih omar po principu pretvorbe obstoječe zračno hlajene (montaža tekočinskega razvoda in In-Rack CDU enote ter priklop na ustrezne tekočinske kroge) oz. zamenjave obstoječe zračno hlajene s pred-izdelano D2C tekočinsko hlajeno omaro z in-Rack CDU; zagotovljeni morajo biti odklopljivi dovodi in odvodi primarnega tekočinskega kroga (priklopi za in-Rack CDU enote); obenem naj bo rešitev zasnovana na način, ki podpira tudi možnost uporabe centralne CDU enote (kot ločen, dodaten odklopljiv dovod in odvod primarnega tekočinskega kroga); predlagana rešitev mora biti zasnovana na način, ki dopušča do 4 enakovredne D2C omare oz. vsaj do skupno 280kW zgolj iz D2C omar oz. vsaj 380kW skupne moči (končno stanje 5x zračno hlajenih omar pri >=20kW/omaro in 4x D2C tekočinsko hlajene omare pri >=70kW/omaro z D2C deležem 6/7); predlagana rešitev mora zagotavljati varno zaustavitev občutljive D2C tekočinsko hlajene opreme, brez poškodb le-te, v primerih ko pride do izpada primarnega napajanja in/ali hlajenja;

- Za vsak material, ki je v stiku z uporabljenimi tekočinami, je treba potrditi združljivost z navlaženim materialom ne le na podlagi specifične kemične sestave tekočine, temveč tudi na podlagi temperature in tlaka v sistemu; priključki morajo biti posebej natančno pregledani, saj predstavljajo potencialno šibko točko v sistemu distribucije tekočin in aktivno nadzorovani za detekcijo izlivov; uporabiti se mora hitro odklopljiva armatura, da se omogoči servisiranje; v sistem distribucije je v ta namen potrebno vgraditi tudi zaporne ventile, da se omogoči odklop armatur in intervencija pri puščanju;
- Skladno z okoljem v katerem bo postavljen modularni podatkovni center in priporočili ASHRAE 9.9 pete edicije mora biti poskrbljeno za uravnavanje ustrezne stopnje vlažnosti okolja v modulu;
- V primeru rešitve z ločenimi prostori za IT in podporne elemente (izraba dodatnih površin na strešni terasi za ločeno postavitve elektrodistribucijskega vozlišča modularnega podatkovnega centra, UPS z baterijskim sklopom, oz. drugih podpornih elementov) ureditev hlajenja tudi teh skladno z zahtevami opreme, ki bo v prostore umeščena;

## 7. Monitoring in varnost

- Merjenje in upravljanje vseh okoljskih parametrov podatkovnega centra; centralni nadzorni sistem;
- Centralno zbiranje informacij in alarmov vseh senzorjev (poleg detekcije izliva tekočin, detekcije dima, požarnih alarmov, statusa vhodnih vrat, temperature in vlage okolice ter vsaj hladne cone v notranjosti modula še senzorji vseh aktivnih hladilnih enot - vsaj temperatura dohodnega zraka v strežnike v hladni coni na vsaj treh nivojih, temperatura v zadnjem delu strežniške omare na vsaj treh nivojih, temperatura izhodnega zraka iz enote, temperatura dohodne in povratne vode, krmilnik ventila pretoka vode, detekcija izliva tekočin, ter v primeru RDHx tudi razlika v pritisku in detekcija odprtih vrat), upravljanje varnostnih kamer, nadzor vhodnih vrat za celoten modul;
- Kontrola vstopa in integracija požarnega in drugega alarmiranja v obstoječe sisteme naročnika (SIEMENS);
- Sistem za detekcijo in avtomatsko gašenje požara na osnovi Novec 1230, ali enakovrednih sistemov, ki se uporabljajo v podatkovnih centrih, so okolju prijazni, ne zahtevajo veliko prostora in obenem zagotavljajo hitro in učinkovito gašenje z

nekonduktivnim in nekorozivnim medijem, ki ne pušča sledi ter ne škoduje ljudem in ne povzroča poškodb opreme;

- Aspiracijski sistem za aktivno spremljanje in hitro zaznavo dima, npr. VESDA ali enakovreden;
- Proti prahu, tekočinam, in drugim elementom tesnjene uvodnice za napajalne in komunikacijske povezave;
- Protipožarna zaščita sten, vrat, vhodnic in celotnega modula razreda vsaj EL60;
- V primeru rešitve z ločenimi prostori za IT in podporne elemente (izraba dodatnih površin na strešni terasi za ločeno postavitve elektrodistribucijskega vozlišča modularnega podatkovnega centra, UPS z baterijskim sklopom, oz. drugih podpornih elementov) ureditev aktivne požarne zaščite in gašenja tudi teh, skladno s standardi in priporočili stroke ter opremo, ki bo v prostore umeščena;
- Modul in izpostavljena oprema mora biti opremljena z varnostnimi ograjami, ki so skladne s prostorskimi arhitekturnimi načrti, ozemljena in ščitena s strelovodi, po standardih in priporočilih stroke;

#### 8. Podatkovne povezave

- Optične in bakrene podatkovne medpovezave v podatkovnem centru obsegajo: povezave med rack omarami znotraj podatkovnega centra, ter povezave med podatkovnim centrom na strehi (dohodne omare) in glavnim komunikacijskim vozliščem objekta;
- Za izgradnjo optične in bakrene infrastrukture v podatkovnem centru je predviden tovarniško predterminiran enorodovni (Singlemode) optični kabel in bakreni kabel (4-parični) tipa S/FTP Cat6A (EIA/TIA standard); za povezave podatkovnega centra do glavnega komunikacijskega vozlišča objekta je predvidena povezava z enorodovnim (singlemode) optičnim kablom s 96 vlakni; vsi elementi ožičenja v podatkovnem centru morajo ustrezati standardom, ki opredeljujejo to področje in sicer: ANSI/TIA/EIA 598D, ISO/IEC 11801, BS EN 50173-1, EN 50575;
- Povezava z glavnim komunikacijskim vozliščem v 3. nadstropju UL-FRI mora biti narejena s 96 optičnimi enorodovnimi vlakni, ki se zaključijo v optičnem stikalnem panelu, nameščenem v srednji (tj. v omari 5 od 8 zračno hlajenih + 1 D2C hlajene omare) – dohodni omari (na vrhu); ta, dohodna, omara mora imeti poleg tega panela še tri dodatne 1U optične modularne stikalne panele (en za optične povezave, en za bakrene in en prazen) namenjene povezavam z ostalimi omarami (vključno z D2C omaro); dohodna omara ni namenjena izključno mrežni opremi in se s strani obremenitve posamezne omare v podatkovnem centru obravnava enako kot ostale – ti. hibridni način;
- Ostale omare (razen dohodne) morajo imeti iz dohodne omare do njih napeljan po en modul z 12 optičnimi vlakni in po en modul s 6 RJ45 bakrenimi povezavami; oba modula (optični in bakreni) se morata zaključiti v istem 1U modularnem optičnem panelu, nameščenem na vrhu posamezne omare; optični stikalni panel, modula in povezovalni kabli morajo biti priloženi tudi za D2C omaro, za dolžino povezovalnih kablov se uporabi predvideno lokacijo D2C omare;
- Po končanih delih je potrebno izvesti meritve za optične in bakrene kable (na primer z instrumentom PowerMeter, OTDR ali enakovrednimi, in sicer vsaj na valovnih dolžinah 1310nm in 1550nm enorodovna; enakovredno je potrebno opraviti vse standardne meritve za bakrene kable;
- Sistemska  $\geq 20$  letna garancija proizvajalca optičnih in bakrenih medijev ter zaključnih modulov;

#### Optični stikalni panel (patch panel)

- Optične povezave se v vseh omarah zaključijo na modularnih stikalnih panelih (patch panelih), ki na 1U višine omogočajo kapaciteto vsaj 96 vlaken;
- Paneli morajo omogočati namestitev različnih optičnih modulov (kaset) za priklop tovarniško zaključenih optičnih kablov, omogočati morajo tudi namestitev bakrenih



oklopljenih in neoklopljenih modulov Cat6A; vsi kabli na stikalnih modulih morajo biti enoumno in obojestransko označeni;

- Paneli morajo biti izdelani iz jekla, z jasnimi oznakami posameznih portov;
- Namestitev in odstranitev modulov mora biti omogočena brez orodja (tool-less);
- Paneli morajo omogočati namestitev najmanj 8 modulov, kapacitete 12 optičnih vlaken vsak (do 96 vlaken v 1U panelu skupaj);
- Paneli morajo izpolnjevati vse veljavne standarde TIA 568-C.2 in ISO/IEC 11801;
- Integriran urejevalnik kablov v zadnjem delu stikalnega panela;
- Reže, ki trenutno niso v uporabi, morajo imeti nameščene prazne module, ki zapolnijo reže, in so tesnjeni za preprečevanje uhajanja oz. mešanja toplega in hladnega zraka, skladno s predlagano tehnologijo notranjega hlajenja;

#### Optični in bakreni moduli

- Posamezni moduli (kasete) v optičnih panelih morajo na zadnji strani omogočati povezovanje s tovarniško zaključenimi optičnimi kabli na MTP/MPO konektorjih z 12 oz. 24 vlakni in zagotavljati izjemno nizko slabljenje; kasete morajo imeti na sprednji strani LC duplex za podporo protokolov s hitrostjo prenosa podatkov od 10Gb/s do vsaj 800Gb/s;
- Proizvajalec izbranih kaset ali kompatibilne kasete morajo biti na voljo tako z enorodovnimi OS2 kot tudi z mnogorodovnimi OM4 priključki;
- Možna mora biti tudi namestitev bakrenega modula, ki se enako kot optični namesti v režo istega panela in v katerem je možno zaključiti vsaj 6 Cat6A bakrenih kablov;
- Enorodovne OS2 MTP-to-LC kasete morajo zagotavljati optično slabljenje (Insertion Loss)  $\leq 0,5\text{dB}$ , MTP-to-MTP kasete pa  $\leq 0,75\text{dB}$ ; LC adapterji morajo biti opremljeni s protiprašnimi vratci, ki zagotavljajo zaščito IP5x, skladno z IEC 60529; nameščene morajo biti kasete z univerzalno polarnostjo; kasete morajo biti tovarniško zaključene in testirane;

#### 9. Dokumentacija

- Izbrani ponudnik bo moral zagotoviti vso potrebno dokumentacijo z vsemi shemami mrežnih in elektroinstalacijskih povezav;
- Dokumentacija mora vključevati opise korakov standardnih in vzdrževalnih postopkov ter postopkov delovanja v nujnih primerih (angl. SOP, MOP in EOP);
- Dokumentacija posameznih elementov rešitve je lahko na voljo v digitalni obliki, dosegljiva preko QR kode na samem elementu;
- Vsi kabli morajo biti označeni na obeh straneh, oznaka mora biti obstojna;

#### 10. Rok izvedbe/primopredaje September 2025 (podrobneje določen v pogodbi).

#### **Ponudbena dokumentacija mora vključevati tudi:**

- **Časovni plan vseh korakov do zaključka izvedbe del rešitve na ključ – primopredaje;**
- **Idejno zasnovo** z vključenimi vsaj naslednjimi elementi: skica umestitve modula in klimatskih agregatov z izmerami in težami; skica rešitve priklopa na elektrodistribucijsko omrežje in ureditev elektrodistribucijskega stikališča; skica notranje ureditve modula – pristop notranjega tehničnega hlajenja, razporeditev omar in CDU enot, tekočinskih in električnih razvodov, ter predvidene ventile in odklope obeh; temperaturne režime vseh tekočinskih krogov; za vse bistvene elemente (vsaj zunanje hladilne agregate, notranje hladilne enote tehničnega hlajenja, strežniške omare, CDU enote, rPDU, busbare, aspiracijski sistem za detekcijo dima, sistem aktivnega gašenja, elemente elektrodistribucijskega stikališča) podatek o proizvajalcu, modelu; zaželeno je, da idejna zasnova vključuje študijo dostave, vnosa in iznosa predpripravljene strežniške

omare dimenzije 60cm x 100cm x 48U teže 1.6T; zaželeno je da idejna zasnova vključuje izračun CFD za primer polovične obremenitve podatkovnega centra (leto 5 iz podatkov za izračun TCO);

Cena ponudbe mora vključevati tudi:

- Izdelavo delavniških načrtov, samo izdelavo in postavitev jeklene konstrukcije na katero bo modularni podatkovni center postavljen (osnovni načrt je priložen dokumentaciji razpisa; v soglasju s projektantom so možna manjša prilagajanja glede na specifične zahteve rešitve; npr. prilagoditve, ki izhajajo iz spremenjenih tež ali dimenzij modula oz. klimatskih agregatov glede na uporabljene pri izdelavi statične presoje, kot je pristop spajanja modula in agregatov z nosilno konstrukcijo, število agregatov, ali pomiki modula in ali agregatov vzdolž ali prečno na podest);
- Izdelavo načrta in izvedbo strojnih in elektroinstalacijskih posegov potrebnih za priklop na električno in podatkovno omrežje UL FRI vključno s premestitvijo-postavitvijo strelovodov in adaptacijami potencialno uporabljenih dodatnih prostorov (PZI in PID za vse posege);
- Prevoz modularnega podatkovnega centra, hladilnega agregata in vseh ostalih elementov na lokacijo, dvig na strešno teraso UL FRI in montažo;
- Izvedbo vseh strojnih in električnih instalacij potrebnih za povezavo hladilnih agregatov z modularnim podatkovnim centrom, vključno s prebojem, ki povezuje glavni električni razvod in strešno teraso; ter saniranjem vseh mest, kjer je bil ovoj stavbe med posegi odstranjen ali poškodovan; to obsega izvedbo ustrezne hidroizolacije, toplotne izolacije, dobetoniranje parapetnega zidu, izvedbo ustrezne odkapne pločevine in vsa povezana dela; izvajalec je dolžan zagotoviti izvedbo detajlov, ki preprečujejo zamakanje in degradiranje konstrukcije;
- Namestitev vseh sistemov, testni zagon vseh krmilnih in upravljalnih sistemov na lokaciji in umiritev delovanja;
- Izobraževanje glede upravljanja krmilnih in ostalih sistemov (vključno s SOP, MOP, EOP);
- Tehnično pomoč in servisno podporo (business next day; režim 5/8) za obdobje 5let; vzdrževanje ponujene opreme v skladu s pravili stroke, vključno z vsemi rednimi preventivnimi pregledi skladno z zahtevami proizvajalcev za to obdobje;
- Ponujena cena mora vsebovati vse morebitne stroške (kot npr. stroške prevoza itd.); dodatnega povečanja cen na račun kakršnih koli stroškov ponudnika, naročnik ne bo priznal; cene v ponudbi ponudnika morajo vsebovati tudi že vse morebitne popuste;
- Podrobnejšo specifikacijo ponudbene cene, z vsaj naslednjimi postavkami (modul s pripadajočo infrastrukturo, transport, izdelavo PZI, montaža, garancija in letno vzdrževanje po SLA).

Naročnik lahko v okviru preverjanja resničnosti navedb v ponudbi oziroma na podlagi drugega odstavka 89. člena ZJN-3 katerega koli ponudnika pozove k podaji pojasnil oziroma predložitvi dodatne dokumentacije v zvezi s tehničnimi specifikacijami oziroma izpolnjevanjem zahtev iz tega dokumenta (naročnik lahko zahteva prospekte, tehnične liste ipd., torej tudi več, kot le izjave, vključno z vsebino dokumentacije, ki je v teh tehničnih specifikacijah navedena kot zaželeno).