



**„Stavební úpravy za účelem vybudování odborných učeben a
komunitní tělocvičny u ZŠ T. Šobra Písek – dílčí část Technologie
strojovny pro vytápění a chlazení – systém TČ (komplexní
technologický celek)“**

**TECHNICKÁ DOKUMENTACE PRO ZADÁNÍ VEŘEJNÉ
ZAKÁZKY**

Název zadavatele:	Základní škola Tomáše Šobra a Mateřská škola Písek, Šobrova 2070
Sídlo zadavatele:	Šobrova 2070, 397 01 Písek
Právní forma:	Příspěvková organizace
Zapsaná v OR:	Spisová značka Pr 153 vedená u Krajského soudu v Českých Budějovicích
IČO/DIČ:	70943168/není plátce DPH
Osoba oprávněná jednat jménem za zadavatele:	Mgr. Jaroslav Volf – ředitel školy
E: mail:	jaroslav.volf@zstsobra.cz
Telefon:	380 422 501
ID datové schránky:	56rmtfn
Webové stránky:	https://www.zstsobra.cz/
Profil zadavatele:	https://www.e-zakazky.cz/Profil-Zadavatele/a3132d98-d4e0-4d53-aa15-d3d1ae176593
Název veřejné zakázky:	Stavební úpravy za účelem vybudování odborných učeben a komunitní tělocvičny u ZŠ T. Šobra Písek – dílčí část Technologie strojovny pro vytápění a chlazení – systém TČ (komplexní technologický celek)

1. ÚVOD

1.1. Identifikace projektu (název, místo realizace)

Dodávka Systému tepelného čerpadla je dílčí částí projektu pod názvem „Stavební úpravy za účelem vybudování odborných učeben a komunitní tělocvičny u ZŠ T. Šobra Písek“. Předmětem stavebních úprav je provedení stavebních prací spočívajících v odstranění stávajícího objektu dvou tělocvičen, který se nachází v areálu Základní školy Tomáše Šobra, Šobrova 2070, 397 01 Písek v katastrálním území Písek (720755), pozemek p.č. st. 1033 a namísto odstraněného objektu provedení přístavby odborných učeben s tělocvičnou. Instalace Systému tepelného čerpadla je plánována do strojovny umístěné v 1. NP v místnosti č. 1.18.

1.2. Účel a význam instalace tepelného čerpadla

Instalace Systému tepelného čerpadla (dále také jen Systém TČ), jako hlavního zdroje tepla a chladu pro přístavbu základní školy, je požadována s cílem zajistit celoroční energeticky efektivní provoz a komfortní vnitřní prostředí budovy při minimálních provozních nákladech. Využití obnovitelného zdroje energie prostřednictvím geotermální soustavy je jedním z prvků pro dosažení pasivního energetického standardu budovy podle požadavků a podmínek Operačního programu životního prostředí (OPŽP).

Systém TČ bude sloužit k vytápění, k přípravě teplé vody a k chlazení v návaznosti na celkové technické řešení budovy. Důraz je kladen na spolehlivost, efektivitu provozu, regulovatelnost Systému TČ a kompatibilitu s ostatními technologiemi budovy, včetně napojení na nadřazený Systém měření a regulace (MaR).

Naměřená provozní data Systému TČ budou prostřednictvím řídicí jednotky a softwarového systému soustavně sledována a vyhodnocována. Tato data budou využívána jako podklad pro řízení energetického hospodářství budovy a optimalizaci provozních parametrů v souladu s cíli energetického managementu. Zároveň mohou sloužit i pro vzdělávací a výukové účely v oblasti technického a environmentálního vzdělávání žáků základní školy.

1.3. Způsob zadání a pojmy

Systém tepelného čerpadla je zadáván podle standardů žluté knihy FIDIC. Tzn., že součástí dodávky je i výrobní dokumentace vypracovaná na základě technického návrhu řešení předkládaného dodavatelem k nabídce. Již technický návrh řešení Systému TČ musí vycházet z technických specifikací uvedených v této technické dokumentaci, zadávací dokumentaci a oceněném soupisu prací, dodávek a služeb vybraného dodavatele a musí prokazatelně splnit všechny technické požadavky a podmínky stanovené zadavatelem.

Pojmem Systém tepelného čerpadla se rozumí ucelená a funkční technologie více zařízení s chladicím okruhem, kompresorovou jednotkou, výparníkem a kondenzátorem, využívající obnovitelný zdroj energie a umožňující jak vytápění, tak chlazení. Součástí Systému TČ je dále veškeré související vybavení, hardwarové i softwarové, které umožňuje splnění požadavků uvedených v čl. 3 tohoto zadání. Hardwarem se rozumí všechny aktivní prvky (měřicí, elektrické a ovládané řídicí jednotkou Systému tepelného čerpadla), stejně jako všechny pasivní prvky (spojovací – trubky, kabely, mechanické – elektricky neovládané, krycí apod.), včetně prvků zajišťujících provozní bezpečnost, ochranu zařízení a havarijní stavy. Softwarem se rozumí programové vybavení řídicí jednotky na bázi PC, umožňující ovládat chod a funkce jednotlivých částí Systému tepelného čerpadla podle přednastavených algoritmů a požadavků

uživatele, a současně generovat výstupy pro monitorování, vyhodnocování provozu, archivaci dat a podporu provozní diagnostiky, včetně možnosti vzdáleného přístupu.

2. POPIS OBJEKTU A PROSTOROVÉHO ŘEŠENÍ

2.1. Umístění Systému tepelného čerpadla a podklady

Umístění Systému tepelného čerpadla je plánováno do strojovny – místnost č. 1.18 v 1. NP. Vlastní technologie Systému tepelného čerpadla bude umístěna do prostoru u zdi sousedící s místností 1.16, u které je plánována i instalace rozdělovače/sběrače technologie výstroje geotermálních vrtů.

2.2. Prostorové vymezení

Situace prostorového vymezení pro instalaci Systému tepelného čerpadla je znázorněna v příložené výkresové dokumentaci.

Podkladem pro vlastní návrh technického návrhu řešení jsou výkresové dokumentace

- a) výkres 4.3.7.5. 03 – Půdorys 1NP s kótami pro orientaci potřebnou k umístění technologie včetně rozvodů,
- b) výkres 4.3.19.3. D.1.4.2.02 – UT Půdorys 1NP strojovna,
- c) výkres 4.3.19.7. D.1.4.2.06 – UT Schéma strojovny.

Výkresy pod písmeny b) a c) jsou pouze orientační původního řešení, které pro účely bude novým řešením vybraného dodavatele podle požadavků a podmínek zadavatele změněno.

Nedotčené návrhem nového řešení vybraného dodavatele zůstávají nádrže TV (2x1300 l), akumulární nádrž OT (1500 l), nádrž CHV (800 l), celé sekundární strany nádrží do otopného systému, VZT, TV a přímého připojení od CZT. Tato část je předmětem dodávky a instalace dříve vybraného dodavatele HOCHTIEF CZ a.s. Systém tepelného čerpadla musí plnit logickou energetickou funkci okruhu mezi geotermálními vrtly a specifikovanými nádržemi podle níže uvedeného zadání.

Sekundární strana akumulárních nádrží a jejich zapojení do otopného, TV a VZT systému přístavby a není tedy předmětem návrhu technického řešení ani dodávkou předmětného zadávacího řízení.

Poznámka: V některých výkresech (4.3.7.5. 03 a D.1.4.2.02) není akumulární nádrž CHV (poz. 4) graficky vyznačena, ale ve schématu D.1.4.2.06 je zakreslena.

2.3. Popis rozsahu dodávky a napojovací body

Předmětem dodávky podle tohoto zadání je technologie Systému tepelného čerpadla včetně propojení do připraveného rozdělovače/sběrače primární strany TČ a propojení sekundární strany TČ, tj. do připravených zásobníků TV (o objemu 2x1300 l), akumulární nádrže OT (otopná voda) o objemu 1500 l, akumulární nádrže CHV (chladicí voda) o objemu 800 l. Součástí dodávky musí být i elektrorozvaděč pro Systém tepelného čerpadla, který bude napojen na připravený elektrický přívod vedoucí od rozvaděče 3x80 A až do strojovny a další technologie podle technického řešení účastníka zadávacího řízení v rámci podané nabídky. Podrobnosti k dodávce jsou uvedeny podrobně v textu Zadávací dokumentace a také v Soupisu prací, dodávek a služeb, který je přílohou Zadávací dokumentace.

Vybavení a uspořádání strojovny může být ze strany GD stavby projektem upraveno v návaznosti na technické řešení vybraného dodavatele Systému tepelného čerpadla.

3. TECHNICKÉ POŽADAVKY

3.1. Zdroje tepla a chladu

Primárním zdrojem tepla je geotermální soustava podle projektové dokumentace společnosti GEROTop spol. s.r.o.

Zdrojem tepla pro vytápění, ohřev TV a chlazení je Systém TČ. Požadovaný topný výkon při $B_{\text{rine}}/W_{\text{ater}} 35$ musí být **min. 43 kW** při topném faktoru kompresoru **COP min. 4,6**. Požadovaný chladicí výkon při vstupní teplotě pro VZT W12/W6 **min. 56,5 kW**.

Systém TČ o topném výkonu min. 43 kW **musí mít dva nezávislé chladivové okruhy** s kompresory v poměru výkonu 50+50 % se společným primárním okruhem nemrznoucí směsí a se společným sekundárním okruhem topné vody.

Poznámka

Společným primárním okruhem Systému TČ o výkonu 43 kW se rozumí sdílený hydraulický okruh nemrznoucí směsí, z něhož čerpají oba chladivové okruhy tepelného čerpadla. V rámci tohoto okruhu může být použito jedno společné nebo více samostatných oběhových čerpadel, pokud je zajištěna plná funkční provázanost, soulad průtoků a systémové řízení v rámci celku.

Společným sekundárním okruhem Systému TČ o výkonu 43 kW se rozumí jednotný hydraulický okruh topné vody, do něhož je zapojen celý Systém tepelného čerpadla jako jeden funkční celek. Výstupy z jednotlivých chladivových okruhů (např. ze dvou kompresorových jednotek) musí být hydraulicky sloučeny a řízeny tak, aby topná voda byla dodávána prostřednictvím jednoho sdíleného okruhu s jednotnou regulací a monitoringem. Nepřípustná je realizace dvou oddělených výstupních větví z jednotlivých částí Systému TČ, které by pracovaly zcela nezávisle na sobě – bez sdílené regulace a bez hydraulického propojení. Přípustné je rozdělení na více větví za výstupem TČ (např. do akumulací nádrže topné vody a zásobníků TUV), pokud jsou tyto větve řízeny jako součást jednoho společného sekundárního okruhu.

3.2. Požadavky na použité chladivo

Systém TČ musí být navržen pouze s chladivem kdy GWP (Global Warming Potential) **je méně než 150** a třídy A2L – hořlavá. **Chladivo třídy A3 – výbušná není dovoleno.**

Poznámka

Vzhledem k aktuálním a připravovaným právním předpisům Evropské unie, konkrétně návrhu Nařízení Evropského parlamentu a Rady o fluorovaných skleníkových plynech (COM/2022/150), je kladen důraz na omezení používání chladiv s vysokým potenciálem globálního oteplování (GWP). Hodnota GWP větší než 150 bude v nejbližších letech omezena zejména u tepelných čerpadel v sektoru budov.

Z důvodu dlouhé životnosti zařízení, dostupnosti servisu a zajištění environmentální udržitelnosti je požadováno chladivo s GWP <150. Tímto požadavkem se předejde nutnosti budoucí výměny zařízení z důvodu zákazu či omezení nebo dostupnosti končících druhů chladiv a zároveň se přispěje ke snížení emisí skleníkových plynů v souladu s klimatickými cíli EU.

Splnění požadavku na GWP < 150 musí být doloženo technickým listem vybraného chladiva a potvrzením jeho zařazení do třídy A2L podle normy ASHRAE 34 nebo EN 378.

3.3. Požadavky na bezpečnost

Součástí dodávky musí být detektor úniku chladiva v prostoru strojovny. Detektor musí být kompatibilní s chladivem v chladících okruzích. Detektor musí být propojen s řídicí jednotkou Systému tepelného čerpadla a se systémem nadřazené MaR. V případě detekce úniku chladiva musí bezpečnostní systém řídicí jednotky provést zajištění minimálně:

- a) Okamžité odstavení celého Systému tepelného čerpadla
- b) Aktivaci vizuálního a akustického poplachu
- c) Informování obsluhy přes SMS (školník a zástupce školy)
- d) Předání informace o úniku chladiva správci systému nadřazeného MaR

Detektor úniku chladiva musí být vybaven funkcí výstupu o své provozní způsobilosti. Jeho správná funkce musí být ověřována pravidelnými revizemi a kalibrací prováděnou výrobcem nebo odborně způsobilou osobou v souladu s doporučeními výrobce. Kalibrace musí být doložena protokolem.

Měření úniku chladiva musí být kontinuální (trvalé), aby byly zajištěny požadované reakce bezpečnostního systému.

3.4. Hlavní požadované funkce Systému TČ

Poznámka

Pro zajištění níže požadovaných funkcí může být použito i více tepelných čerpadel.

- a) Vytápění (OT)
- b) Ohřev teplé vody (TV)
- c) Při aktivním chlazení musí TČ zajistit souběžně automaticky na základě vlastní regulace (řídicí jednotka TČ)
 - ohřev teplé vody (TV)
 - ohřev topné vody (OT)
 - ukládání přebytečného tepla do vrtů
- d) Využití FVE pomocí elektrokotle o výkonu 18 kW automaticky na základě komunikace s MaR a vlastní regulace (řídicí jednotka TČ)
 - ohřev topné vody (OT)
 - ohřev teplé vody (TV)
- e) Zajištění ohřevu teplé vody v zásobnících (2x1300 l) tepelným čerpadlem na teplotu 65 °C při minimálním tepelném výkonu 20 kW (prokázání při topné zkoušce bez odběru teplé vody).

3.5. Požadované doplňkové vybavení Systému TČ

Doplňkové vybavení podle čl. 3.6. této dokumentace je požadováno pro účel monitorování provozu Systému TČ a pořizování dat k vyhodnocení provozu.

3.6. Měřicí technologie chladících okruhů Systému TČ

Poznámka

Níže požadované doplňkové vybavení musí být součástí každého navrženého chladícího okruhu Systému TČ.

Dodavatel je povinen v rámci nabídky doložit technický list každého konkrétního typu teplotního měřidla a čidla, které navrhuje použít. Technický list musí obsahovat všechny požadované

parametry pro možnost jejich ověření při kontrole souladu nabídky s požadavky zadávací dokumentace. Nesplnění některého z požadovaných parametrů bude důvodem k vyřazení nabídky pro nesoulad s technickými požadavky zadavatele.

a) Měření tepla na straně primární (vrty)

Popis funkce:

Pro měření množství přenesené energie mezi geotermálními vrty a Systémem tepelného čerpadla musí být navržen vhodný průtokoměr a teploměr – režim vytápění i chlazení

Požadavky:

- **Průtokoměr:**

Průtokoměr musí být vhodný pro glykolové směsi (použitý STABILfrost)

- **Teploměr:** min. $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- **Zajištění výpočtu energie:** výpočet množství přeneseného tepla a chladu (Q_{+} / Q_{-}) v jednotkách kWh/GJ musí být realizován v rámci SW řídicí jednotky TČ
- **Výstup měřidel:** digitální (M-Bus / Modbus RTU / BACnet MS/TP) nebo analogový ($4\text{--}20\text{ mA}$ / $0\text{--}10\text{ V}$) – v případě analogového výstupu musí řídicí jednotka TČ zajistit převod dat a jejich další zpracování
- **Kompatibilita:** měřidla musí být kompatibilní s řídicí jednotkou TČ; výstupy pro nadřazený systém MaR/BMS budou poskytovány prostřednictvím řídicí jednotky TČ
- **Instalace:** do vratného potrubí (nebo dle hydraulického schématu návrhu technického řešení).

b) Měření tepla na straně sekundární (vytápění/chlazení)

Popis funkce:

Pro měření množství energie dodané do systému vytápění/chlazení budovy musí být navržen vhodný průtokoměr a teploměr – režim vytápění i chlazení.

Požadavky:

- **Průtokoměr:** vhodný pro otopnou/chladicí vodu (parametry dle návrhu hydraulického schématu)
- **Teploměr:** měřicí rozsah min. $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$
- **Výpočet energie:** výpočet množství dodaného tepla a chladu (Q_{+} / Q_{-}) v jednotkách kWh/GJ musí být realizován v rámci SW řídicí jednotky TČ
Výstup: digitální rozhraní: **BACnet/IP** (viz požadavky uvedené u ŘJ TČ).
- **Výstup měřidel:** digitální (M-Bus / Modbus RTU / BACnet MS/TP) nebo analogový ($4\text{--}20\text{ mA}$ / $0\text{--}10\text{ V}$). V případě analogového výstupu musí řídicí jednotka TČ zajistit převod dat a jejich další zpracování
- **Kompatibilita:** Měřidla musí být plně kompatibilní s řídicí jednotkou TČ; data z měřidel budou zpracovávána v ŘJ TČ a výstupy pro nadřazený systém MaR/BMS budou poskytovány prostřednictvím ŘJ TČ v rozhraní **BACnet/IP** (viz požadavky uvedené u ŘJ TČ).
- **Instalace:** do vratného potrubí (nebo dle hydraulického schématu návrhu technického řešení)

c) Měření spotřeby příkonu elektrické energie kompresoru chladicího okruhu

Požadavky:

- Měření musí být realizováno pomocí samostatného elektronického elektroměru, který zaznamená výhradně činnou elektrickou energii kompresoru chladicího okruhu tepelného čerpadla.
- Elektroměr musí poskytovat údaje o činné energii v kWh.
- **Výstup:**
 - preferovaně digitální rozhraní (Modbus, BACnet, M-Bus,
 - alternativně impulsní výstup (SO); v takovém případě musí řídicí jednotka Systému TČ provádět výpočet činné energie v kWh na základě přijatých impulsů
- Data o spotřebě musí být prostřednictvím řídicí jednotky TČ dostupná v systému nadřazené MaR v reálném čase; interval dotazování a aktualizace dat určuje nadřazený systém MaR.

d) Měřidla provozních teplot senzory (teplotní čidla) chladících okruhů

Poznámka

Všechna níže uvedená teplotní čidla musí být elektronická (kontaktní), určena pro digitální zpracování dat a plně kompatibilní s řídicí jednotkou Systému TČ. Data z čidel musí být přenášena do řídicí jednotky TČ prostřednictvím vhodného rozhraní (např. Modbus, M-Bus, případně analogové signály s vyhodnocením v řídicí jednotce).

Řídicí jednotka TČ zajistí jejich další zpracování a poskytne výstupy do nadřazeného systému MaR prostřednictvím rozhraní **BACnet/IP** (viz požadavky definované u ŘJ TČ). Každé čidlo musí být individuálně identifikovatelné a diagnostikovatelné.

Požadavky:

- Krytí min. IP55, provedení odpovídající umístění čidla.
- Rozsah měření musí odpovídat fyzikálním parametrům na konkrétním měřeném místě.

Místa měření:

- Teplotní čidlo – primární strana – vstupní teplota do výparníku
- Teplotní čidlo – primární strana – výstupní teplota z výparníku
- Teplotní čidlo – sekundární strana vstupní teplota z kondenzátoru
- Teplotní čidlo – sekundární strana výstupní teplota z kondenzátoru
- Teplotní čidlo – teplota výtlaku kompresoru
- Teplotní čidlo – teplota sání kompresoru
- Teplotní čidlo – teplota kapalného chladiva před vstřikovacím ventilem
- Teplotní čidlo – teplota chladiva za vstřikovacím ventilem

e) Snímače tlaku

Poznámka

Snímače tlaku musí být elektronické, určeny pro digitální zpracování dat a kompatibilní s řídicí jednotkou Systému TČ. Data ze snímačů se přenášejí do řídicí jednotky TČ prostřednictvím vhodného rozhraní (např. Modbus, M-Bus, případně analogové signály s vyhodnocením a diagnostikou poruch v řídicí jednotce).

Řídicí jednotka TČ zajistí jejich zpracování a poskytne výstupy do nadřazeného systému MaR prostřednictvím rozhraní **BACnet/IP** (viz požadavky definované u ŘJ TČ).

Požadavky:

- Krytí min. IP55, procesní připojení vhodné pro dané médium.
- Rozsah měření musí odpovídat fyzikálním parametrům chladivového okruhu dle konkrétní pozice.

Místa měření:

- tlakoměr na straně sání chladiva kompresoru (nízkotlaká strana, výpar – vstup do kompresoru)
- tlakoměr na straně výtlačku chladiva kompresoru (vysokotlaká strana – výstup z kompresoru před kondenzátorem)
- tlakoměr chladiva před vstřikovacím ventilem (kapalné chladivo pod tlakem, před expanzním prvkem)
- tlakoměr chladiva za vstřikovacím ventilem v místě vstupu chladiva do výparníku (nízkotlaká strana, bezprostředně po expanzi)

f) Kontakty pro digitální snímání výpadku

Primární požadavek:

Každé měřidlo/zařízení musí poskytovat binární beznapěťový kontakt (NO/NC) pro signalizaci poruchy/výpadku.

- Kontakt fail-safe: při poruše nebo ztrátě napájení zařízení je kontakt v rozepnutém stavu
- Parametry kontaktu: potenciálově nezávislý, min. 24 V DC / 0,5 A, galvanicky oddělený; připojení na DI řídicí jednotky TČ

Alternativa, pokud zařízení poruchový kontakt nemá:

Řídicí jednotka TČ musí generovat binární stav „**Porucha**“ z diagnostiky analogového signálu:

- pro 4–20 mA dle NAMUR NE43: < 3,6 mA nebo > 21 mA = porucha/signál mimo rozsah,
- pro 0–10 V: < 0,1 V (přerušení vodiče) nebo > 10,5 V (zkrat/mimo rozsah) = porucha,
- dále musí být vyhodnocena **ztráta obnovy hodnoty** (watchdog): beze změny signálu po **T = 10 min** → porucha komunikační/analogové linky

Situace a komponenty, kde musí být zajištěno poruchové hlášení:

- výpadek jističe kompresoru
- výpadek jističe oběhových čerpadel, které jsou součástí dodávky Systému TČ
- výpadek napájení TČ
- výpadek komunikace (MaR, internet)
- ztráta fáze nebo nesprávný sledu fází (L1-L2-L3)

Zobrazení a přenos:

Stav **OK / Porucha / Bez napájení** musí být zobrazován v HMI řídicí jednotky TČ a současně předáván do nadřazeného MaR/BMS prostřednictvím řídicí jednotky TČ v rozhraní **BACnet/IP** (viz požadavky u ŘJ TČ)

Reset poruchy:

Poruchový stav musí být **zajištěn (latch)** a resetovatelný **pouze obsluhou** po odstranění příčiny; automatický restart je zakázán u poruch bezpečnostního významu.

3.6.1. Měření spotřeby elektrické energie ostatních periférií chladících okruhů (tj. mimo kompresor)

- a) Samostatné měření spotřeby elektrické energie **každého** oběhového čerpadla sekundárního Systému TČ, která jsou součástí dodávky

Požadavky:

- Měření musí být realizováno pomocí samostatného elektroměru, který zaznamená elektrickou spotřebu výhradně pro napájení oběhového čerpadla sekundárního okruhu TČ
- Měření musí poskytovat údaje o činné energii v kWh

- **Výstup:** digitální rozhraní (Modbus, BACnet, M-Bus) nebo impulsní (SO) s výpočtem kWh v řídicí jednotce TČ.

- b) Samostatné měření spotřeby elektrické energie oběhového čerpadla primární strany Systému TČ (vrty).

Požadavky:

- Měření musí být realizováno pomocí samostatného elektroměru, který zaznamená elektrickou spotřebu výhradně pro napájení oběhového čerpadla primárního okruhu TČ, tj. oběhu nemrznoucí směsi v geotermálních vrtech
- Měření musí poskytovat údaje v kWh
- **Výstup:** digitální rozhraní (Modbus, BACnet, M-Bus) nebo impulsní (SO) s výpočtem kWh v řídicí jednotce TČ

- c) Samostatné měření spotřeby elektrické energie ostatních oběhových čerpadel Systému TČ (např. čerpadlo výměníku aktivního chlazení nebo jiných doplňkových okruhů)

- Měření musí být realizováno pomocí samostatného elektroměru, který zaznamená elektrickou spotřebu výhradně pro napájení daného oběhového čerpadla.
- Elektroměr musí poskytovat údaje o činné energii v kWh.
- **Výstup:** digitální rozhraní (Modbus, BACnet, M-Bus) nebo impulsní (SO) s výpočtem kWh v řídicí jednotce TČ.

- d) Samostatné měření spotřeby elektrické energie elektrokotle (bivalentního zdroje TČ) o výkonu 18 kW.

Požadavky:

- Měření musí být realizováno pomocí samostatného elektroměru, který zaznamená elektrickou spotřebu výhradně pro napájení elektrokotle z FVE na základě informace nadřazené MaR.
- Elektroměr musí poskytovat údaje o činné energii v kWh.
- **Výstup:** digitální rozhraní (Modbus, BACnet, M-Bus) nebo impulsní (SO) s výpočtem kWh v řídicí jednotce Systému TČ.

3.6.2. Řízení využití elektrické energie z FVE pro Systém TČ a elektrokotel

Cíl:

Zajistit, aby byla elektrická energie vyrobená FVE **přednostně využívána** pro:

- a) Provoz tepelného čerpadla (TČ) jako primárního zdroje tepla/chladu.
- b) Provoz doplňkového elektrokotle pro ohřev vody nebo vytápění v přechodových obdobích, a to zejména při nadbytku výkonu z FVE.

Požadavky:

- Řídicí jednotka Systému TČ musí být schopna přijímat informaci o dostupném výkonu z FVE, a to buď přímo z datového výstupu střídače (např. Modbus), nebo prostřednictvím nadřazeného systému MaR, kde je tato informace předávána řídicí jednotce Systému TČ prostřednictvím rozhraní **BACnet/IP**.

- Na základě těchto dat musí optimalizovat provoz TČ a elektrokotle (plynulá regulace výkonu 0–100 %).
- Spotřeba TČ a elektrokotle se měří samostatně podle požadavků uvedených v kap. 3.6.1; tyto údaje se předávají do systému nadřazené MaR v kWh. Zároveň musí být v rámci řízení rozlišováno, jaká část spotřeby je kryta z výroby FVE (na základě informace předané z nadřazené MaR) a jaká část je kryta z distribuční sítě. Tyto údaje musí být vykazovány a archivovány odděleně, a to v rámci řídicí jednotky Systému TČ, aby byly k dispozici pro dlouhodobou analýzu a reporting.
- Není požadováno použití dvousměrných (2Q) nebo čtyřkvadrantových (4Q) elektroměrů – dostačuje jednosměrné měření spotřeby.

3.6.3. Rozšiřující moduly se vstupy pro připojení snímačů PT1000

Požadované řešení (preferované):

Součástí dodávky musí být **rozšiřující modul se svorkami pro přímé připojení čidel Pt1000/3850** (TR087B) a s **digitálním komunikačním výstupem** (Modbus RTU / BACnet MS/TP / M-Bus) kompatibilním s řídicí jednotkou Systému TČ. Modul musí interně zajišťovat přesné měření odporu RTD a převod na teplotu.

- Počet čidel: **18 ks** (3 vrtů × 3 hloubky × dvojice na hloubku).
- **Zapojení RTD:** 2- nebo **3-vodičové** (požadováno min. 3-vodičové pro kompenzaci odporu vedení).
- **Připojovací kabel:** UNITRONIC Li2YCYv (TP) 2×2×0,22.
- Modul musí být dimenzován na uvedený počet čidel; připustí se rozšíření více moduly stejného typu.

Alternativní řešení (přípustné):

U každého čidla Pt1000 může být použit **převodník RTD→4–20 mA (nebo 0–10 V)**. Analogové signály budou přivedeny do **analogových vstupů řídicí jednotky tepelného čerpadla**; řídicí jednotka provede převod na teplotu.

- Převodníky musí mít přesnost odpovídající třídě čidla (min. pro Pt1000, $\alpha=3850$) a **galvanické oddělení**.
- Řídicí jednotka musí zajišťovat diagnostiku poruch analogové linky (přerušení, zkrat, mimo rozsah) a hlášení poruch dle kapitoly o poruchových stavech (NAMUR / hlídání změny).

Obecné požadavky (platné pro obě varianty):

- Kompletní adresace kanálů a mapování do řídicí jednotky.
- Zajištěná **diagnostika čidla i linky** (chyba čidla, přerušení vodiče, zkrat, mimo rozsah).
- **EMC/rušení:** stíněné vedení, správné uzemnění stínění, oddělení od silových tras.
- Dodavatel předá seznam kanálů (IO list) a parametry převodů ($R \leftrightarrow ^\circ\text{C}$ nebo $\text{mA/V} \leftrightarrow ^\circ\text{C}$).

3.7. Elektrokotel

- Elektrokotel o výkonu 18 kW. **Řízení výkonu elektrokotle musí být plynulé v rozsahu 0–100 %**, aby bylo možné optimálně využívat aktuálně dostupný výkon z FVE pro vytápění nebo ohřev TV.
- Regulace výkonu musí být řízena na základě požadavků řídicího systému MaR, s možností napojení na externí regulační signál.
- Příkon kotle se musí přizpůsobovat požadovanému tepelnému výkonu bez skokového spínání jednotlivých topných větví, aby bylo dosaženo:
 - vyšší provozní účinnosti,
 - komfortnější regulace,

- snížení četnosti spínacích cyklů.

3.8. Elektrorozvaděč

Součástí dodávky Systému TČ je samostatný elektrorozvaděč pro napájení a řízení technologie tepelného čerpadla a elektrokotle. Rozvaděč musí být navržen a vyroben dle platných norem ČSN a norem platných pro rozváděče NN.

Rozvaděč bude napájen z hlavního objektového rozvaděče, jištěného 3×80 A (AC 400 V).

Součástí rozvaděče musí být:

- odpovídající silové a řídicí jištění všech větví Systému TČ,
- polovodičové SSR relé (Solid State Relay) pro plynulé spínání topných těles elektrokotle nebo jiného regulačního prvku bez spínacího rázu,
- rozhraní pro připojení na systém MaR (např. binární vstupy/výstupy, Modbus RTU/TCP), umožňující přenos dat o výkonu FVE dodávaného do strojovny do řídicí jednotky TČ.

Elektrorozvaděč pro napájení a řízení Systému tepelného čerpadla musí být vybaven účinnou ochranou proti přepětí a rušení v napájecích i datových obvodech, odpovídající charakteru technologie a platným normám ČSN/EN. Ochrana musí zajistit bezpečný a spolehlivý provoz všech elektronických částí systému, včetně frekvenčních měničů, řídicí jednotky a komunikačních rozhraní (BACnet, Modbus, Ethernet). Funkčnost a správnost instalace přepětových ochran musí být prokázána v rámci výchozí revizní zprávy dle ČSN 33 2000-6.

3.9. Řídicí jednotka pro řízení Systému TČ

Požaduje se **jedna centrální řídicí jednotka celého Systému TČ (CCU)**, která musí zajišťovat **plně autonomní řízení provozu** Systému TČ i doplňkového elektrokotle, včetně optimalizace provozu a komunikace s nadřazeným systémem (MaR). Jednotlivé chladicí okruhy mohou mít vlastní sekundární řídicí jednotku (SCU), avšak tyto musí být plně podřízeny centrální řídicí jednotce v oblasti režimů, priorit a žádaných hodnot. Pouze CCU je určena pro komunikaci s nadřazeným MaR a pouze ona smí vystavovat data/objekty do sítě MaR.

SCU nesmí být připojeny do sítě MaR (fyzicky ani logicky); **komunikují výhradně s CCU v oddělené podsíti**. Způsob a protokol komunikace mezi SCU a CCU určí zhotovitel; není předepsán (např. může využít BACnet MS/TP, Modbus nebo interní sběrnici výrobce).

3.9.1. Základní požadavky na komunikaci s dodávaným nadřazeným MaR v rámci Přístavby

Pro komunikaci s nadřazeným MaR (Johnson Controls Metasys) musí řídicí jednotka Systému TČ splňovat následující požadavky:

1. Certifikace

- Požadavek na kompatibilitu s BACnet Protocol Revision 19 a BACnet/SC vychází z nutnosti zajištění interoperability s nadřazeným systémem řízení Přístavby Johnson Controls Metasys.
- Je doporučeno, aby řídicí jednotka byla uvedena v seznamu **BTL-listed (BACnet Testing Laboratories)**.
BACnet Testing Laboratories (BTL) představuje celosvětově uznávanou platformu pro ověřování shody zařízení s BACnet standardem, přičemž zadavatel umožňuje předložení rovnocenného dokladu prokazujícího plnou kompatibilitu dle § 89 odst. 5 ZZVZ
- Certifikace musí být doložena aktuálním **PICS dokumentem** výrobce.

2. Protokolová verze

- Jednotka musí podporovat minimálně **BACnet Protocol Revision 19** (ASHRAE 135-2016 nebo vyšší).

3. Bezpečnost – BACnet/SC (Secure Connect)

- Jednotka musí podporovat **BACnet/SC** podle dodatku ASHRAE 135-2016bj a ANSI/ASHRAE 135-2020 nebo novější.
- Komunikace musí být realizována přes **WebSockets s TLS 1.3**.
- Musí být podporováno **ověřování peerů** v rámci komunikace BACnet/SC (Secure Connect) pomocí certifikátů X.509 v souladu s normou ASHRAE 135-2016bj, přičemž certifikáty mohou být vydány certifikační autoritou (CA), která je oprávněna nebo akreditována podle příslušných právních předpisů České republiky nebo Evropské unie k poskytování služeb vytvářejících důvěru (Trust Services).
- Jednotka musí umožňovat konfiguraci **hubů BACnet/SC** a podporovat topologie **hub-and-spoke** i **node-to-node**.
- Musí fungovat v sítích **IPv4 i IPv6**.

4. Funkce a služby (BIBBs)

- Jednotka musí podporovat minimálně následující služby:
 - ReadProperty, ReadPropertyMultiple, WriteProperty, WritePropertyMultiple
 - COV (Change of Value reporting)
 - DeviceCommunicationControl
 - Bind/Unbind
 - Router Configuration
 - Virtual Network
- Jednotka musí podporovat **segmentaci APDU** (příjem i odesílání).

5. Datové objekty a zobrazení

- Jednotka musí zpřístupňovat všechny požadované provozní veličiny Systému TČ (teploty, tlaky, průtoky, spotřebu energií, stavy, alarmy, diagnostiku) prostřednictvím BACnet objektů.
- Každý objekt musí být individuálně identifikovatelný a diagnostikovatelný.

6. Reálný čas a plánování

- Jednotka musí umožnit přijímání časovaných povelů (např. přepnutí do režimu chlazení od určité hodiny, ohřev TV na sanitní teplotu v daném čase).
- Musí být schopna reagovat na povely nadřazeného MaR v reálném čase.

7. Zajištění komunikace BACnet

- Pokud samotná řídicí jednotka nesplňuje požadavky na přímou podporu BACnet Protocol Revision 19 a BACnet/SC dle výše uvedených norem, musí být tato funkce zajištěna prostřednictvím **samostatného komunikačního zařízení – BACnet Gateway**.
- Gateway musí zajišťovat **plnohodnotnou obousměrnou komunikaci** s nadřazeným systémem MaR v rozsahu stanoveném v této Technické dokumentaci pro zadání, a to **včetně přenosu všech předepsaných veličin datových bodů**, které jsou nezbytné pro řízení, dohled a archivaci provozních údajů Systému tepelného čerpadla.

3.9.2. Řídicí jednotka musí splňovat následující požadavky:

- a) Zajišťovat provoz podle přednastavených požadavků v následujících režimech:
 - Režim vytápění
 - Režim přípravy teplé vody (TV)
 - Režim chlazení

- Optimalizace provozu s ohledem na aktuálně dostupný výkon z FVE (např. pro ohřev TV nebo vytápění elektrokotlem).

b) Zajišťovat:

- řízení provozu kompresorů TČ
- řízení přepínání režimů vytápění a chlazení v rámci sekundárního okruhu,
- řízení distribuce tepelné energie do zásobníků ÚT, TV a chlazené vody (CHV),
- řízení oběhových čerpadel (včetně výkonové regulace),
- řízení doplňkového zdroje tepla (elektrokotel) včetně plynulé regulace výkonu 0–100 % pro využití dostupného výkonu z FVE
- řízení procesu ukládání přebytečného tepla do vrtů při režimu chlazení

c) Zajišťovat zaznamenávání, zpracování a archivaci všech pořizovaných dat ze Systému TČ

d) Zajišťovat komunikaci s nadřazeným systémem MaR prostřednictvím **BACnet/IP**

Řídící jednotka TČ nesmí být závislá na funkcionalitě MaR přístavby; v případě výpadku komunikace musí automaticky přejít do autonomního provozu podle interně definovaných priorit a teplotních limitů.

Komunikační rozhraní musí umožňovat **dvousměrnou výměnu provozních dat** (např. aktuální stavy zařízení, poruchy, žádané a aktuální hodnoty teplot, režimy provozu)

Řídící jednotka musí mít záložní baterii pro uchování dat a provozního SW nastavení.

Řídící jednotka Systému TČ musí být schopna komunikovat s MaR systémem objektu **prostřednictvím BACnet/IP a předávat i přijímat následující typy informací:**

3.9.2.1. Předávaná data (z řídicí jednotky Systému TČ do nadřazené MaR)

- motohodiny každého z kompresorů TČ
- motohodiny elektrokotle
- motohodiny oběhových čerpadel
- počet startů každého kompresoru TČ
- provozní spotřebu elektřiny každého z kompresorů TČ (odesílaná hodnota kWh v reálném čase – perioda aktualizace max.10 s)
- provozní spotřebu elektřiny periférií Systému TČ – každá zvlášť, která je samostatně měřena (odesílaná hodnota kWh v reálném čase – perioda aktualizace max.10 s)
- provozní topný faktor – pouze kompresor bez periférie (odesílaná hodnota v reálném čase – perioda aktualizace max.10 s)
- provozní topný faktor – kompresor + periférie (odesílaná hodnota v reálném čase)
- výroba tepla zvlášť pro každý samostatný okruh Systému TČ (odesílaná hodnota GJ v reálném čase – perioda aktualizace max.10 s)
- výroba chladu – celkem (odesílaná hodnota GJ v reálném čase – perioda aktualizace max.10 s) – TČ
- tepelný zisk z vrtů (vytěžený objem tepla v GJ – perioda aktualizace max.10 s) - (načítaná a odesílaná hodnota v reálném čase) – TČ
- tepelné poměry ve vybraných vrtech (pohyby teplot) – v reálném čase – perioda aktualizace max.10 s
- tepelný výkon jednotlivých TČ (okamžitý v reálném čase – perioda aktualizace max.10 s)
- provozní stavy ventilů související s provozem TČ – okamžité % uzavření/otevření (expanzní ventil, třicestné ventily – vrty, topení do nádrží TV, chlazení vody v nádrži CHV)
- hodnoty aktivních měřidel tepla – okamžitá teplota °C (okruh sekundární, primární-vrty, vnitřní v chladícím okruhu TČ)
- hodnoty tlakoměrů související s provozem TČ – okamžitá hodnota Pa (okruh sekundární, primární-vrty, vnitřní v chladícím okruhu TČ)

- hodnoty měření teplot u doplňujících aktivních prvků (vstup/výstup)
- signalizace poruchových stavů
- signalizace úniku chladiva (odesílaná do MaR jako binární stav nebo alarm)
- provozní stavy kompresorů (ZAP/VYP/POR)
- provozní stav oběhových čerpadel (ZAP/VYP/POR)
- provozní stav elektrokotlů (ZAP/VYP/POR)

3.9.2.2. Předávaná data (z nadřazené MaR do řídicí jednotky Systému TČ)

- žádané teploty (sekundární okruh TČ)
- přepínání režimů (např. požadavek chlazení z MaR)
- aktuální výkon FVE pro strojovnu
- harmonogram provozu
- blokáce provozu (např. z bezpečnostních důvodů)
- dálkové povely pro testování, odstavení, režimy úspory apod.

3.9.2.3. Hardwarové a softwarové požadavky:

- Jednotka musí být navržena pro nepřetržitý provoz (24/7).
- Všechny důležité provozní hodnoty musí být **zobrazitelné na HMI panelu nebo jiném lokálním rozhraní**.
- Musí být umožněn **vzdálený přístup přes zabezpečené rozhraní** (např. VPN, https).
- Musí být zajištěna **archivace provozních dat** minimálně za posledních 12 měsíců s možností exportu dat do běžných formátů (např. CSV, XML).
- Všechny provozní anomálie a poruchy musí být logovány s přesnou časovou značkou.
- Řídicí jednotka a její software musí splňovat požadavky na kybernetickou bezpečnost dle **nařízení EU 2022/2554 (Cyber Resilience Act)** a souvisejících evropských a českých norem. To zahrnuje zejména:
 - *šifrovanou komunikaci při přenosu dat (např. TLS/SSL),*
 - *řízení uživatelských práv a oddělení úrovní přístupů (uživatel, servis, administrátor),*
 - *možnost aktualizace firmware a softwaru se zajištěním integrity a ověření původu,*
 - *záznam a uchování všech přístupů a zásahů do systému*

3.9.2.4. Technické a provozní detaily:

- Veškeré algoritmy musí být přístupné ke kontrole, ladění a případné úpravě provozovatelem nebo správcem systému.
- V případě archivace dat musí být zajištěna přímá kompatibilita s běžným SW (např. MS Excel, MS Word a SCADA systémy).

3.9.2.5. Další požadavky:

- Řídicí jednotka musí být plně kompatibilní s osazenými snímači (teplotní, tlakové, průtokové) a umožňovat jejich digitální adresování a diagnostiku.
- Řídicí jednotka Systému TČ musí umožňovat provozní optimalizaci s ohledem na dostupnost elektrické energie z FVE. To zahrnuje:
 - příjem signálu o aktuálně dostupném výkonu ze střídačů FVE nebo z nadřazeného MaR,
 - možnost úpravy provozu TČ (např. zvýšení výkonu při nadbytku FV výroby – předeštev TV, akumulace do zásobníků),
 - možnost omezit nebo pozastavit provoz TČ při nedostatečné výrobě z FVE, pokud to dovoluje tepelný komfort budovy.
- Všechny vstupy a výstupy musí být galvanicky oddělené.
- Řídicí jednotka musí mít volné komunikační a logické kapacity pro budoucí rozšíření nebo úpravy řídicí logiky dle reálného provozu a budoucího rozvoje systému.
- Řídicí jednotka musí umožnit definování provozních priorit v konfliktních situacích (např. současný požadavek chlazení a přípravy TV), včetně uživatelsky nastavitelné logiky preferencí a doby přepínání.

- Řídicí jednotka musí být osazena v samostatném panelu nebo v rámci hlavního rozvaděče Systému TČ a připojena ke všem ovládaným prvkům prostřednictvím odpovídající kabeláže.
- Součástí dodávky musí být schéma zapojení, softwarová konfigurace a uživatelská dokumentace v českém jazyce.

3.9.3. SW ovládací

3.9.3.1. Požadavky na softwarové vybavení řídicí jednotky TČ (funkce, schopnosti)

a) Základní SW funkce – řídicí SW musí umožňovat:

- automatizované řízení režimů (vytápění, chlazení, příprava TV, optimalizace využití FVE),
- konfigurovatelné algoritmy řízení, přístupné pro ladění a úpravy provozovatelem nebo správcem systému,
- záznam a zobrazení všech měřených veličin v reálném čase
- přímé ovládání všech připojených prvků (čerpadla, ventily, kompresory, elektrokotel)
- definici provozních priorit a konfliktní logiky (např. priorita chlazení vs. příprava TV)
- samostatný provoz v autonomním režimu při výpadku nadřazeného MaR
- bezpečnostní funkce – signalizace poruch, hlášení alarmů, aktivace ochranných stavů stavy, **zajištění nepřekročení hodnoty jištění Systému TČ (3x80 A)**.

b) Požadovaná datová vrstva a kompatibilita

- veškeré komunikační a bezpečnostní mechanismy musí být v souladu s požadavky **nařízení EU 2022/2554 (Cyber Resilience Act)**, zejména v oblasti šifrované komunikace, autentizace přístupů a ochrany integrity dat.

c) Korekce měření teplotních hodnot

- řídicí SW Systému tepelného čerpadla musí umožňovat korekci hodnot z teplotních čidel ve vrtech podle referenčních kalibračních bodů (−20 °C, 0 °C, +50 °C),
- naměřené hodnoty musí být zpřesňovány korekční funkcí, aby byla zajištěna provozní přesnost v celém rozsahu měření,
- veškeré řídicí a monitorovací funkce musí pracovat s korigovanými hodnotami
- systém musí v diagnostickém režimu umožnit zobrazení jak korigovaných, tak původních (surových) hodnot,
- řídicí software musí uchovávat i surová měřená data pro účely kontroly, analýzy a zpětného ověření.

d) Záloha pořizovaných dat

Zálohy všech pořizovaných dat musí být řešeny automaticky na externí úložiště (server nadřazeného MaR) v pravidelných časových intervalech. Interval zálohování nesmí být delší než 5 minut; kratší interval může být nastaven dle požadavku provozovatele.

3.9.3.2. Výstupy z provozních dat

a) Technicko-provozní statistiky

Řídicí jednotka Systému TČ musí předávat do nadřazeného systému MaR následující provozní data.

Princip přenosu:

- **okamžité veličiny** (teplota, tlak, výkon, COP) → aktualizace max. každých **10 s**,
- **kumulativní čítače** (motohodiny, starty, spotřeba, výroba energie) → aktualizace max. každých **60 s**,
- **alarmy a stavové signály** → odesílány **okamžitě při změně**,

Poznámka:

Agregace po kalendářních hodinách, dnech a měsících se provádí v **nadřazeném MaR** na základě kumulativních hodnot.

Motohodiny a počet startů

- **Motohodiny:** zvlášť pro každý kompresor, každé oběhové čerpadlo (primární, sekundární, ostatní) a pro elektrokotel.
 - Forma: kumulativní čítač [h], rozlišení min. 0,01 h.
 - Přenos: aktualizace max. každých 60 s.
 - Agregace: hodinové/denní/měsíční součty zajišťuje nadřazená MaR.
- **Počet startů kompresorů:**
 - Forma: kumulativní čítač [počet].
 - Přenos: aktualizace max. každých 60 s + event-driven přenos okamžitě při startu.
 - Agregace: hodinové/denní/měsíční přehledy tvoří nadřazená MaR.

Spotřeba elektřiny

- Samostatně: každý kompresor, každé oběhové čerpadlo, elektrokotel, řídicí systém.
- Forma: kumulativní čítač [kWh].
- Přenos: aktualizace max. každých 60 s.
- Agregace a rozpisy (hodinové, denní, měsíční) tvoří nadřazená MaR.

Topný faktor (COP)

- **Okamžitý COP:** zvlášť pro každý kompresor a pro kompresor + k němu související periférie.
 - Přenos: aktualizace max. každých 10 s.
- **Průměrný COP (historický):** vypočítává a ukládá také nadřazená MaR z dodaného tepla/chladu a spotřebované elektřiny.

Tepelné zisky a ztráty vrtů

- TČ musí poskytovat hodnoty přeneseného tepla z/ do vrtů v GJ jako kumulativní čítač.
- Přenos: aktualizace max. každých 60 s.
- Trendové vyhodnocení a bilance (pasivní/přebytečné teplo) provádí také nadřazená MaR.

Výroba tepla a chladu

- Samostatně za každý okruh (ÚT, TV, CHV) + celkem.
- Forma: kumulativní čítač [GJ].
- Přenos: aktualizace max. každých 60 s.
- Denní/měsíční součty a grafy tvoří také nadřazená MaR.

Teplotní profily (všechny měřené)

- Teploty ve vrtech, zásobnících a v klíčových bodech okruhů (vstupy/výstupy, ΔT).
- Přenos: okamžité hodnoty každých 10 s.
- Trendové grafy a archivaci provádí také nadřazená MaR.

Tlakové poměry (všechny měřené)

- Hodnoty tlaků v primárním, sekundárním a chladivovém okruhu.
- Přenos: okamžité hodnoty každých 10 s.

- Diagnostiku ztrát a provozních stavů zajišťuje také nadřazená MaR.

Stavy zařízení v čase

- Kompresory, čerpadla, ventily, elektrokotel (stav: zapnuto/vypnuto/porucha).
- Přenos: okamžitě při změně + pravidelná aktualizace každých 10 s.
- Log historických změn ukládá také nadřazená MaR.

Poznámka:

Stavové signály musí být předávány jako binární (ZAP/VYP) a diagnostické (POR/ALARM) s časovou značkou.

b) Energetická bilance – přenos dat do nadřazené MaR a způsob vyhodnocení

Cíl: Umožnit nadřazenému systému MaR sestavovat hodinové/denní/měsíční energetické bilance pro strojovnu TČ (vazba pro řízení energetického managementu (EM): spotřeby elektřiny., výroba tepla/chladu, COP/SPF, využití FVE).

Z řídicí jednotky Systému TČ (viz a) Technicko-provozní statistiky):

- spotřeba elektřiny: samostatně kompresory, periférie (čerpadla, řízení), elektrokotel [kWh],
- výroba tepla a chladu: za každý okruh (ÚT, TV, CHV) a celkem [GJ],
- okamžité výkony (pro kontrolu a diagnostiku) [kW].

Z MaR/FVE (mimo řídicí jednotku TČ):

- dostupný výkon FVE pro strojovnu (okamžitá hodnota) [kW],
- volitelně: kumulativní údaj o množství energie z FVE přiřazené strojovně [kWh], pokud jej nadřazený systém MaR poskytuje (např. na základě algoritmu přidělu).

Princip přenosu:

- okamžité veličiny (výkony) → aktualizace max. každých 10 s,
- kumulativní čítače (spotřeba elektřiny, výroba energie) → aktualizace max. každých 60 s,
- stavové a alarmové signály → přenos okamžitě při změně.

Předávaná data (minimální rozsah):

- Spotřeba elektřiny [kWh]: samostatně za každý kompresor, každé oběhové čerpadlo (primární, sekundární, ostatní), elektrokotel a řídicí systém.
- Výroba tepla [GJ]: samostatně za jednotlivé okruhy (ÚT, TV, CHV) a celkem.
- Výroba chladu [GJ]: celkem (aktivní TČ).
- Okamžité výkony [kW]: příkon kompresorů, výkon elektrokotle, tepelný výkon TČ, aktuální výkon FVE přidělený do strojovny (pokud je k dispozici).
- Topný faktor (COP): okamžitý, zvlášť pro kompresor a pro kompresor + periférie.
- Tepelné zisky/ztráty vrtů [GJ]: hodnoty přeneseného tepla z/do vrtů jako kumulativní čítač.
- Stavové signály: kompresory, čerpadla, ventily, elektrokotel (zapnuto/vypnuto/porucha).

Formát a značení dat:

- Kumulativní čítače musí být monotónně narůstající, s možností jejich jednoznačné identifikace.
- Okamžité veličiny musí být poskytovány jako aktuální hodnoty s časovou značkou.
- Jednotky: elektřina [kWh], teplo/chlad [GJ], výkon [kW], COP [–].

c) Chování systému v čase (trendy):

Řídící jednotka TČ musí poskytovat nadřazenému systému MaR data s časovou značkou o všech změnách stavů, režimů a událostí. Na základě těchto dat nadřazená MaR sestavuje provozní reporty, trendy a statistiky.

Minimální rozsah dat poskytovaných řídící jednotkou TČ:

- Časové značky přechodů mezi režimy (vytápění, chlazení, příprava TV, bivalence).
- Časové značky dosažení žádaných hodnot (např. cílová teplota TV, cílová teplota prostoru).
- Události alarmů a poruch (včetně začátku a konce).
- Aktivace a deaktivace prioritních režimů (s časovou značkou a identifikací režimu)

Nadřazená MaR na základě těchto dat zajišťuje:

- Denní/měsíční provozní reporty a grafy trendů.
- Vyhodnocení reakčních dob systému.
- Statistiky frekvence poruch/alarmů/výpadků.
- Statistiky prioritních režimů (počet případů, čas aktivace, kolizní situace, procento neplnění požadavků nižší priority).

Řídící jednotka Systému TČ musí uchovávat všechny předávané provozní údaje (časové značky, stavy, poruchy, přechody režimů) v **lokální databázi** po dobu minimálně 12 měsíců. Současně musí být zajištěna funkce automatické synchronizace těchto dat do nadřazeného systému MaR a/nebo do zabezpečeného externího úložiště (cloud). V případě využití cloudu dodavatele musí být garantován bezplatný přístup po dobu udržitelnosti projektu (5 let od jeho ukončení uvolněním poslední části dotace na účet příjemce – zadavatel/objednatel) a možnost exportu dat ve formátu CSV, XML. Databáze musí sloužit jako záložní zdroj dat v případě výpadku komunikace s nadřazeným systémem MaR.

3.9.4. Vizualizace dat pořizovaných z provozu TČ

3.9.4.1. Data předávána řídící jednotkou Systému TČ pro vizualizaci v rámci nadřazené MaR

a) Chladicí okruhy TČ

- Teploty chladiva: vstup/výstup výparníku, vstup/výstup kondenzátoru.
- Tlak: sací a výtlačný, tlak před/za expanzním ventilem.
- Okamžitý tepelný výkon kompresoru [kW].
- Elektrický příkon kompresoru [kW].
- Dodané teplo/chlad do primáru/sekundáru [GJ/kWh].
- Stavové informace: kompresor (zap/vyp/porucha), expanzní ventil (aktuální % otevření).

b) Primární okruh – vrty

- Teploty: vstupní/výstupní z vrtů + teploty v hloubkách (30, 95, 160 m).
- Tlak primárního okruhu.
- Směr toku energie (čerpané/regenerované).
- Přenesené teplo (GJ, kumulativní).
- Stav oběhového čerpadla (zap/vyp/porucha, spotřeba kWh).
- Stav elektrokotle při regeneraci (zap/vyp, výkon kW, spotřeba kWh).

c) Sekundární okruh – zásobníky a distribuce

- Teploty vody před/za kondenzátorem.

- Dodané teplo/chlad do zásobníků (ÚT, TV, CHV) [GJ/kWh].
- Stav nabití zásobníků (teplota, úroveň).
- Stav oběhových čerpadel (zap/vyp/porucha, spotřeba kWh).
- Stav trojcestných ventilů (% otevření).
- Směr toku (topení/chlazení).
- Průtoky (l/s).

d) Elektroměry a energetické bilance

- Celková spotřeba elektřiny TČ.
- Spotřeba elektřiny jednotlivých prvků (kompresory, čerpadla, řídicí systém, elektrokotel).
- Spotřeba elektřiny z FVE vs. ze sítě.
- Výpočet COP (okamžitý): vypočítaný řídicí jednotkou.
- SPF: vypočítaný na základě kumulativních dat, členěný na kompresor / kompresor + čerpadla / celkově.

e) Alarmy a servisní informace

- Aktivní alarmy a varování.
- Stav ventilů, čerpadel, kompresorů, elektrokotle (zap/vyp/porucha) – souhrnný přehled stavů zařízení.
- Signalizace úniku chladiva.
- Teplotní kalibrace čidel (offsety).
- Log zásahů a změn parametrů (časová značka).

3.9.4.2. Vizualizace dat v rámci řídicí jednotky TČ pro servisní účely

Řídicí jednotka TČ musí obsahovat lokální vizualizaci detailních provozních hodnot, určenou pro provozovatele a správce systému. Vizualizace musí být realizována na HMI panelu nebo jiném lokálním rozhraní dodávky řídicí jednotky TČ a rovněž na webovém rozhraní.

Rozsah vizualizace:

- **Hlavní obrazovka:** grafické schéma celého navrženého Systému TČ včetně napojovacích zařízení (zásobníky, vrtý).
- **Zobrazení aktuálních hodnot aktivních prvků (v reálném čase) mimo chladicí okruhy:**
 - stav čerpadel (zapnuto/vypnuto/porucha),
 - průtoky v primárním a sekundárním okruhu,
 - tlaky a teploty v definovaných měřicích bodech,
 - stav a poloha ventilů (směr toku, procento otevření),
 - stav nabití zásobníků (TV, CHV – aktuální teplota, úroveň nabití).
- **Detailní obrazovky jednotlivých chladicích okruhů:**
 - výparník, kondenzátor, expanzní ventil (včetně zobrazení polohy), kompresor,
 - okamžité teploty a tlaky (v reálném čase) před/za výparníkem a kondenzátorem (primární i sekundární strana chladicího okruhu),
 - elektrický příkon kompresoru,
 - aktuální tepelný výkon a vypočtený COP (kompresor / kompresor + periférie).
- **Tabulková zobrazení:**
 - průběh spotřeby elektrické energie a výroby tepla/chladu (denní a měsíční součty),
 - průměrné hodnoty COP za zvolené období,

- stavy zařízení vybraných zařízení (on/off/porucha) s uvedením datumu a času změny
 - každý kompresor TČ
 - oběhové čerpadlo (primární okruh-vrty, sekundární okruh – zásobníky/distribuce, ostatní)
 - ventily – trojcestné (TV, OT, CHV), expanzní ventily chladicích okruhů

Poznámka:

Podrobné diagnostické obrazovky určené výhradně pro servisní účely nejsou součástí požadované vizualizace Systému TČ. Dodavatel je oprávněn využívat vlastní nástroje a prostředky pro sledování provozních dat při zajišťování záruky a servisu.

3.9.4.3. Vizualizace dat v rámci řídicí jednotky TČ pro uživatelské účely

Řídicí jednotka TČ musí být vybavena vizualizací, která nebude určena pouze pro servisní účely, ale bude umožňovat také využití pro **uživatelské účely**. Tato vizualizace musí být oddělena od servisní části a přístupná v režimu pouze pro čtení (bez možnosti zásahu do řízení)

Minimální požadavky na uživatelskou vizualizaci:

- **Hlavní schéma systému** – grafické znázornění všech chladicích okruhů a periférií.
- **Animace v reálném čase** – vizualizace aktivních prvků (oběhová čerpadla, kompresory, elektrokotel) včetně indikace provozu, stopu a poruchy; znázornění průtoků a směrů toku energií.
- **Provozní hodnoty** – zobrazení teplot, průtoků, tlaků, příkonu a výkonu přímo v rámci animace.
- **Zobrazení aktuální účinnosti (COP/EER):**
 - COP vztahující se pouze ke kompresoru,
 - COP vztahující se k celému chladicímu okruhu (včetně spotřeby energie periférií).
- **Tabulkové zobrazení (view)** – přehledná tabulka pro účely uživatele obsahující:
 - vyrobené množství tepla a chladu (Q_+ , Q_-),
 - spotřebu elektrické energie (včetně rozlišení FVE vs. síť),
 - vypočtený COP/EER.
- **Grafické trendy** – zobrazení historického vývoje veličin z tabulkového view (výroba, spotřeba elektřiny, účinnosti). Musí být možné volit období (hodinové, denní, měsíční).
- **Export dat** – možnost exportu vybraných údajů do formátu CSV/Excel pro účely uživatele.

3.9.5. Energetický management a provozní vyhodnocení TČ

Tabulka níže slouží pouze jako rekapitulace a pomůcka pro orientaci při kontrole exportu požadovaných údajů do nadřazené MaR pro následné konkrétní zpracování. Závazné a rozhodující požadavky na přenos, strukturu a frekvenci poskytovaných dat jsou definovány v kapitolách 3.9.2.2. a)–c) tohoto zadání. V případě nesouladu je rozhodující vždy textová specifikace této kapitoly.

Kategorie	Sledovaná veličina	Jednotka	Způsob vyhodnocení / využití
Primární zdroj (vrtý)	Teplota vstupní / výstupní kapaliny	°C	ΔT , vliv na účinnost TČ
	Okamžitý průtok primárního média	l/s nebo m ³ /h	Výpočet přeneseného tepla
	Množství přeneseného tepla z vrtů	kWh/GJ	Energetická bilance primáru
	Teploty v různých hloubkách vrtů (volitelně)	°C	Stav akumulace, regenerace
Tepelné čerpadlo	Elektrický příkon kompresoru	kW	Výpočet COP, výkonová bilance
	Provozní doba kompresoru	h	Zátěž zařízení, cykličnost
	Tepelný výkon na výstupu	kW	Okamžitý přínos TČ
	Vyrobené teplo	kWh/GJ	Porovnání se spotřebou el. energie
	Teploty chladiva – vstup / výstup	°C	Stav okruhu, poruchy
	Tlak chladiva – sání / výtlak	bar	Diagnostika činnosti
Sekundární strana	Teplota topné vody – vstup / výstup	°C	ΔT topné vody, přenos výkonu
	Průtok topné vody	l/s nebo m ³ /h	Výpočet přeneseného tepla
	Akumulace tepla v zásobníku (objem, teplota)	l / °C	Výpočet tepelné energie
FVE / Elektřina	Výroba elektřiny z FVE	kWh	Bilance obnovitelných zdrojů
	Vlastní spotřeba TČ krytá FVE	%	Úspory emisí, soběstačnost
	Celková spotřeba elektrické energie TČ	kWh	Energetická bilance systému
Vyhodnocení provozu	Průměrně dosažený COP (pouze kompresor)	-	Účinnost systému za období
	Sezónní účinnost (SPF celková, SPF+čerpadla)	-	Účinnost systému za období
	Úspora emisí CO ₂ oproti referenčnímu zdroji	kg CO ₂	Ekologický přínos
	Měrná potřeba energie na vytápění	kWh/m ² /rok	Porovnání s energetickým štítkem
	Poměr doby provozu k době dostupnosti	%	Spolehlivost systému
	Počet startů kompresoru	počet	Zatížení a opotřebení TČ