

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



Využití odpadního tepla z výpočetní techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval:

Bc. David Staněk

Vedoucí práce:

doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Bc. Staněk</u>	Jméno: <u>David</u>	Osobní číslo: <u>426280</u>
Zadávací katedra: <u>K125 Technická zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Inteligentní budovy</u>		
Studijní obor: <u>Inteligentní budovy</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Využití odpadního tepla z výpočetní techniky</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>The reuse of waste heat from IT equipment</u>	
Pokyny pro vypracování: Studie možností využití odpadního tepla z výpočetní techniky zejména pro vytápění a přípravu teplé vody v budově. Výpočetní nástroj pro zhodnocení výhodnosti využití odpadního tepla z výpočetní techniky. Příklad řešení vytápění budovy - zjednodušená projektová dokumentace.	
Seznam doporučené literatury: Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5. Vrána Jakub: Technická zařízení budov v praxi. Grada 2007. ISBN 978802471588-9.	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>25.2.2019</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>19.5.2019</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

Praha, 19. 05. 2019

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Michalovi Kabrhelovi, Ph.D. za odborné vedení, profesionální rady a vstřícnost při konzultacích.

Dále chci poděkovat vedoucímu datového centra Kokura, panu Pavlovi Berounskému, a provoznímu řediteli TTC Teleport, panu Jiřímu Vajovi, za ochotně poskytnuté konzultace a podklady pro moji práci.

Abstrakt

Tato diplomová práce si klade za cíl zhodnotit možnosti využití odpadního tepla z výpočetní techniky jako nový, alternativní zdroj energie zejména pro vytápění a přípravu teplé vody.

Práce obsahuje teoretickou část o principech návrhu, provozu a možnostech získávání tepla z datových center. Jako nejvhodnější zdroj pro zpětné získávání tepla z výpočetní techniky byla vyhodnocena datová centra s vodním chlazením.

Následuje technické řešení pro konkrétní bytový komplex Park Hloubětín v Praze, ve kterém je nově navržené datové centrum pro pokrytí potřeb objektů. Důraz byl kladen na návrh chladicího systému datového centra a jeho napojení na otopnou soustavu bytového komplexu. Součástí je zjednodušená výkresová dokumentace otopné soustavy jednoho bytového domu.

V rámci diplomové práce byl vytvořen výpočetní nástroj pro vyhodnocení záměru propojení výpočetního centra s bytovou či administrativní budovou. Program může být využit developerem nebo provozovatelem datového centra pro zjištění vhodnosti této instalace. Vstupem programu jsou parametry objektu a datového centra. Na jejich základě je proveden výpočet potřeb tepla pro vytápění a přípravu teplé vody. Výstupem programu jsou technické informace o požadavcích datového centra, velikost investice a doba návratnosti, vliv na životní prostředí a efektivita zpětného využívání tepla.

Zpětné využití odpadního tepla z výpočetní techniky je technicky proveditelné. Nevýhodou je nutnost využití vodního chlazení, které není dnes běžným standardem a vede ke zvýšení vstupních nákladů. Zvýšení investičních nákladů je ovšem ekonomicky rentabilní, obzvláště pro nově budovaná datová centra. Zároveň tímto řešením dojde k výraznému snížení zátěže na životní prostředí, a to ze strany datového centra i budovy, zlepšení ekologických ukazatelů datového centra a je jednou z možností, jak docílit evropských či celosvětových ekologických cílů.

Abstract

The purpose of this master thesis is to evaluate the possibility of reusing waste heat from IT equipment, mainly for heating and domestic hot water. The paper includes a theoretical part about data center design, operation and waste heat recovery solutions. The optimal technology for this purpose are data centers with water cooled systems.

The theoretical part is followed by a technical solution for an apartment complex of Park Hloubětín in Prague. A new data center is situated inside the complex to supply its heat demand. Emphasis has been especially laid on the cooling solution of the data center and its connection with the heating system of the apartment complex. A simplified drawing documentation of one apartment block is included in the thesis.

A calculation software has been created for this thesis. The program can be used by a developer or a data center operator to evaluate the suitability of reusing data center waste heat in a given administrative or residential building. Input data are the building and data center parameters. Output data are technical information about data center requirements, investment cost and payback time, environmental impact and the effectiveness of heat recovery.

Heat recovery from IT equipment is technically possible. The downside is the necessity of using water cooling systems. Water cooling is not a usual standard and thus leads to increased initial costs. The saving on heat exceeds the increased initial costs and the system is profitable. It is more lucrative to apply these methods in newly build data centers. The environmental impact can be vastly reduced by implementing heat recovery systems in data centers, as well as improving data center ecological index. The described method is one of the alternatives for achieving European and worldwide environmental targets.

Obsah

Abstrakt	5
Abstract	6
1 Úvod.....	10
2 Datová centra a výpočetní technika	11
2.1 Obsah datových center.....	11
2.1.1 Fyzické servery.....	11
2.1.2 Síťová zařízení.....	12
2.1.3 Záložní zdroj	13
2.1.4 Power distribution unit	13
2.1.5 Chladicí zařízení.....	13
2.1.6 Požárně bezpečnostní zařízení.....	14
2.2 Třídy datových center.....	14
2.2.1 Třída 1.....	14
2.2.2 Třída 2.....	14
2.2.3 Třída 3.....	14
2.2.4 Třída 4.....	14
2.3 Produkce tepla v datových centrech.....	15
2.3.1 TPD hodnota	15
2.3.2 Výkonová hustota	15
2.4 Varianty využití odpadního tepla	15
2.4.1 Přímé využití.....	16
2.4.2 Napojení na tepelné čerpadlo	16
2.4.3 Prodej tepla do soustavy dálkového vytápění	16
2.4.4 Absorpční chlazení	16
2.4.5 Výroba elektrické energie	17
2.5 Metodiky srovnávání datových center.....	17
2.5.1 PUE hodnota	17
2.5.2 ERE hodnota.....	18
2.5.3 ERF hodnota.....	18
2.6 Chlazení výpočetní techniky	18
2.6.1 Chlazení vzduchem	19
2.6.2 Chlazení vodou	19
2.6.3 Chlazení olejem	20
2.6.4 Problematika docílení vysoké teploty výstupního média	20
2.6.5 Free cooling	20
2.7 Využití výpočetní techniky.....	21
2.7.1 HPC.....	21
2.7.2 Dedikované a public servery	21
2.7.3 Potvrzování transakcí v kryptoměnové síti.....	21
2.8 Rozložení výkonu výpočetní techniky.....	21
2.8.1 Rozložení výkonu v čase	21
2.8.2 Regulace výpočetní techniky	25
3 Podobné systémy	27

3.1	Decentralizované.....	27
3.1.1	Cloud and Heat	27
3.1.2	Nerdalize.....	27
3.1.3	Qarnot.....	27
3.2	Centralizovaná DC.....	28
3.2.1	Wedos.....	28
3.2.2	SuperMuc a Aquasar	28
4	Technické řešení	29
4.1	Návrhový objekt.....	29
4.1.1	Obecné požadavky	29
4.1.2	Navržené řešení.....	30
4.2	Odvod tepla z výpočetní techniky.....	33
4.2.1	Odvod tepla ze serveru	33
4.2.2	Odvod tepla z rackové skříňě	38
4.2.3	Odvod tepla z datového sálu	43
4.3	Řešení kotelny	45
4.3.1	Záložní zdroj	45
4.3.2	Akumulační zásobníky a zásobníky TV.....	45
4.4	Regulace	45
4.4.1	Racková skříň.....	46
4.4.2	Datový sál	46
5	Výpočetní nástroj.....	47
5.1	Vstupní hodnoty.....	47
5.2	Výstupní hodnoty	47
5.2.1	Parametry datového centra a využití tepla	47
5.2.2	Ekonomické vyhodnocení.....	48
5.2.3	Ekologické vyhodnocení.....	48
5.3	Ukázka výpočetního nástroje	49
5.3.1	Vstupní hodnoty pro objekt Park Hloubětín.....	49
5.3.2	Výstupní parametry datového centra	50
5.3.3	Ekonomické vyhodnocení.....	51
5.3.4	Ekologické vyhodnocení – celý objekt.....	52
5.3.5	Ekologické vyhodnocení – referenční budova	53
5.3.6	Ekologické vyhodnocení – datové centrum.....	54
5.4	Návrh DC v bytovém domě Park Hloubětín	55
5.5	Metodika výpočtu	58
5.5.1	Tepelně technické výpočty	58
5.5.2	Vyhodnocení.....	60
6	Ekonomická rozvaha.....	61
6.1	Vstupní investice.....	61
6.1.1	Investice na IT vybavení.....	61
6.1.2	Zvětšení nákladu oproti klasickému DC	62
6.2	Provoz.....	64
6.2.1	Provozní náklady.....	64

6.2.2	Provozní tržby	64
6.2.3	Provozní úspora.....	65
7	Ekologie	66
7.1	Navržený objekt	66
7.1.1	PUE hodnota	66
7.1.2	ERE hodnota.....	66
7.1.3	ERF hodnota.....	67
7.2	Faktor neobnovitelné primární energie	67
	Závěr	68
	Literatura	70

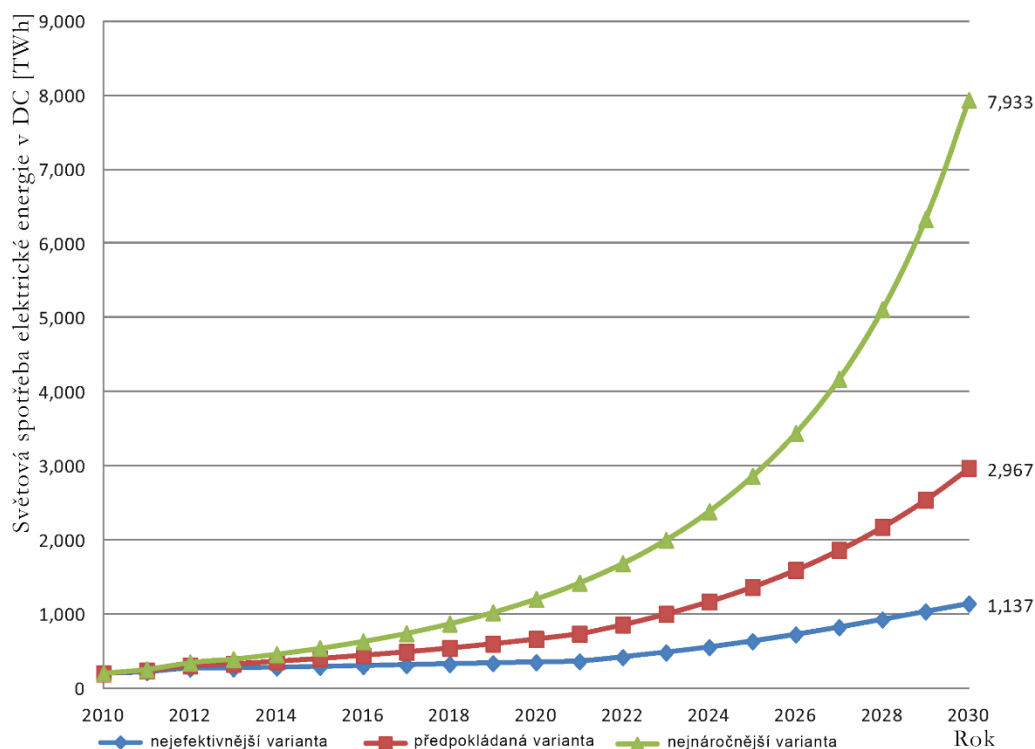
Seznam příloh

1. Emailová komunikace s panem Jiřím Vastlem, E.ON
2. Pojistný ventil RS – technický list
3. Expanzní nádoba RS – technický list
4. Výměník tepla RS – technický list
5. Výměník tepla RS – návrhové parametry
6. Čerpadlo RS – technický list
7. Výměník tepla DS – technický list
8. Výměník tepla DS – návrhové parametry
9. Suchý chladič – návrhové parametry
10. Expanzní nádoba DS – technický list
11. Záložní zdroj tepla – technický list
12. Zásobník TV A+B – technický list
13. Akumulační nádoba A+B – technický list
14. Zásobník TV C – technický list
15. Akumulační nádoba C – technický list

16. Půdorys datového centra 2.PP
17. Půdorys datového centra 3.PP
18. Půdorys datového centra 1.PP + kotelna objektu C
19. Schéma napojení datového centra na otopnou soustavu
20. Objekt B – půdorys 1.PP
21. Objekt B – půdorys 1.NP
22. Objekt B – půdorys 2.NP
23. Objekt B – půdorys 3.NP
24. Objekt B – půdorys 4.NP
25. Objekt B – půdorys 5.NP

1 Úvod

Celosvětová spotřeba elektrické energie v datových centrech (DC) dosáhla v roce 2016 okolo 416 terawatthodin, což představuje zhruba 3 % veškeré elektrické energie světa. Pro srovnání, spotřeba České republiky činí 72,4 TWh, tedy téměř 6x méně. Některé studie předpokládají strmý budoucí nárůst energetické náročnosti v DC, ale vlivem úspornosti hardwarových komponent, softwarové regulace a technických opatření se prokazuje, že spotřeba elektřiny v datových centrech poslední roky stagnuje, a to i přes rychlý růst výpočetního výkonu [21] [41][42].



Obrázek 1: Vývoj spotřeby el. energie v datových centrech [21].

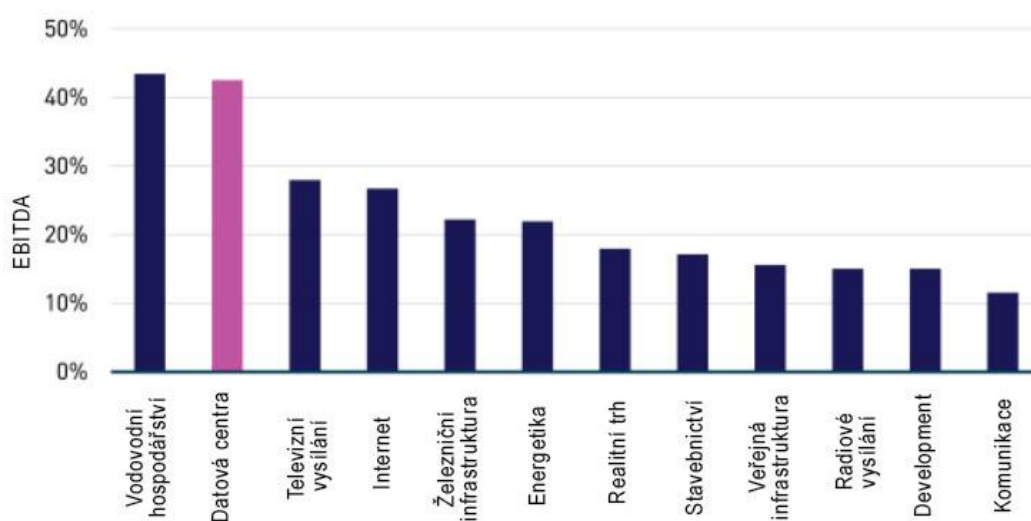
Na Obrázku 1 jsou vidět předpokládané varianty růstu spotřeby elektrické energie světových datových center z roku 2015. Z nejnovějších průzkumů se dá potvrdit, že růst zhruba kopíruje trend předpokládané varianty. Nejefektivnější varianty by s dnešními úspornými technologiemi bylo možné docílit. Překážkou jsou vysoké vstupní náklady, které zatím nemají ekonomickou rentabilitu.

Alternativou k této variantě je znovuvyžití tepla v DC produkovaného. Tato práce má za cíl ověřit technickou a ekonomickou proveditelnost společně s ekologickým vlivem na Zemi.

2 Datová centra a výpočetní technika

Datové centrum je samostatná budova či část budovy, která je určena pro výpočetní, data-úložné a komunikační účely. Datová centra tvoří jádro informačních systémů ve většině podniků. Uplatnění nenachází pouze přímo v IT sektoru, ale ve velké míře i v bankovním a finančním, vědeckém a výzkumném, zdravotnickém, strojírenském a chemickém průmyslu, apod. Jednotlivé části a komponenty DC jsou rozepsány v následující podkapitole.

Investice do datových center je dnes lukrativní. Jedná se o IaaS (Infrastructure as a Service), tedy investice do technické infrastruktury. Tato práce předpokládá zvýšení zisků datových center díky znovuvyžití energie, úspoře na podlahové ploše nemovitostí a snížení impaktu datových center na životní prostředí.



Obrázek 2: Zhodnocení Investic do technické infrastruktury v Evropě [43].

2.1 Obsah datových center

2.1.1 Fyzické servery

Hardware serverů je složen ze stejných druhů komponent jako běžné počítače. Komponenty určené do serverů jsou vyšších kvalitativních standardů, určené pro zvládnutí většího množství paralelních úkolů, odolnější vůči vibracím a s nižší elektrickou spotřebou. Hlavní komponenty tvoří základní deska, procesor (CPU), operační paměť (RAM), grafická karta (GPU), datová uložení (HDD či SSD), síťové karty a zdroj.

Servery jsou uloženy do rackových skříní či do blade systémů.

2.1.1.1. Racková skříň

Racková skříň (RS) má unifikované rozměry. Základní rozměr je 19" (48,5 cm) na šířku a násobek jednotky U (Rack Unit) na výšku. Nejběžnější výška rackových skříní je 42U. Jednotka U má 44,45 mm a je používána jako základní rozměr serverů. Většina serverů se vyrábí ve velikostech 1, 2 nebo 4 U. Hloubka serveru je dnes nejčastěji 74 cm. Samotná racková skříň má

hloubku závislou na technologii, běžně okolo 1m. Servery umístěné v rackových skříních jsou samostatné počítače, obsahující všechny potřebné komponenty.

Výhody:

1. Jednoduché rozšíření výkonu,
2. jednoduché rozpoznání problémového serveru,
3. dobrý poměr cena/výkon,
4. vyšší flexibilita, tj. vyšší výkon při rozdělení práce mezi více klientů.

2.1.1.2. Blade uložení

Blade systém či blade server je novější varianta, která byla vyvinuta pro maximalizaci výpočtové kapacity. V tomto uložení je vlastní server minimalizován na CPU, RAM a základní uložení. Většina dalších nutných komponent je instalována ve specializované blade skříně, kterou je možné umístit do běžné rackové skříně.

Výhody:

1. Vyšší výpočetní výkonová hustota,
2. rychlejší komunikace mezi servery, výrazný nárůst výkonu při práci v clusteru,
3. nižší spotřeba a náklady na údržbu,
4. Lepší cable management.

2.1.2 Síťová zařízení

2.1.2.1. Switch

Switche (přepínače) jsou zařízení, která třídí a přeposílají pakety uvnitř vnitřní sítě. Switche jsou inteligentní zařízení která, na rozdíl od hubů, umí rozpoznat cílové servery na základě Mac adresy a poslat pakety pouze tomuto serveru. Díky tomu nedochází k přetížení sítě a její větší průchodnosti. V rámci ISO/OSI modelu pracují v linkové vrstvě (2. vrstva).

2.1.2.2. Router

Routery (směrovače) jsou zařízení, která propojují vnitřní a vnější síť. Router využívá IP adresu v datovém paketu tak, aby identifikoval cílový router a paket mu odeslal. Pracuje v síťové vrstvě (3. vrstvě) ISO/OSI modelu.

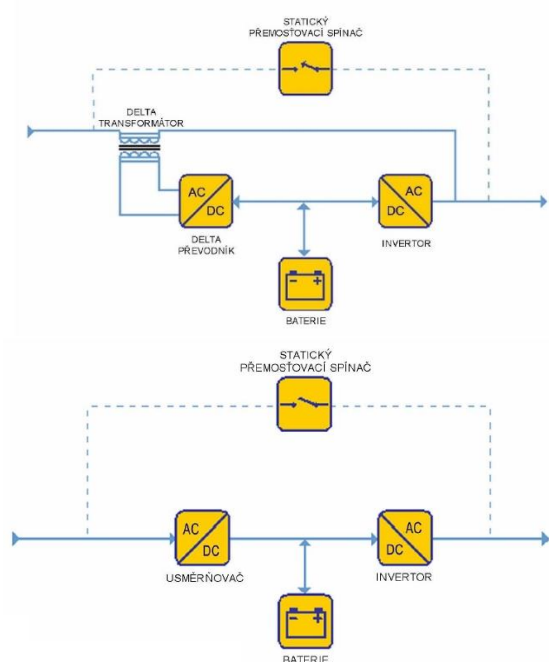
2.1.2.3. Fyzické firewally

Jedná se o samostatné zařízení, většinou umístěné před routerem. Firewally zkoumají hlavičky vstupujících paketů tak, aby zjistily zdroj paketu. To porovnávají s přednastaveným seznamem a na základě uživatelského nastavení odfiltrují nechtěné pakety vstupující do vnitřní sítě. Jsou méně náchylné na chyby a vnější útoky, než softwarové firewally.

2.1.3 Záložní zdroj

Datová centra požadují nepřetržitý provoz. Z tohoto důvodu je nutné zajistit záložní zdroj nepřetržité dodávky elektrické energie (UPS – uninterruptible power supply). Datová centra jsou dle normy ČSN 34 1610 Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách jako objekty 1. stupně důležitosti. Těmi se rozumí takové objekty, u kterých výpadek může znamenat ohrožení zdraví či života, nebo u kterých může dojít k velkým ekonomickým ztrátám. Pro UPS jsou zpracovány normy ČSN EN 62040 Zdroje nepřerušovaného napájení (UPS) [44].

Nejvhodnějším způsobem řešení UPS je UPS s delta konverzí, nejčastějším a standardním řešením UPS v data centrech je UPS s dvojitou konverzí (Obrázek 3).



Obrázek 3: vlevo UPS s delta konverzí; vpravo UPS s dvojitou konverzí [44].

Další součástí UPS je záložní generátor, většinou se jedná o diesel generátory umístěné v oddělené místnosti.

2.1.4 Power distribution unit

Power distribution unit (PDU) neboli elektrická rozvodná stanice. Běžně se v datových centrech instalují dva typy rozvodných stanic. Decentralizované, umístěné v rackové skříní většinou při horním kraji a centrální, umístěné v samostatné skříní pro určitý úsek datového sálu.

2.1.5 Chladicí zařízení

Chladicí zařízení je v datových centrech umístěno pro chlazení teplotního média. Většinou se jedná o kompresorové jednotky, v případě free coolingu o suché chladiče. O chlazení pojednává kapitola 2.6.

2.1.6 Požárně bezpečnostní zařízení

V datových centrech není využíváno vodních hasicích zařízení z důvodu rizika znehodnocení hardwarových komponent. Většinou jsou využity hasící systémy na bázi plynů. Z plynů není doporučeno využití systémů na bázi CO₂, jelikož mají nepřízniví vliv na elektroniku. Nejvhodnějšími plyny jsou argon a vodík, či speciální sloučeniny jako Novec 1230 a FM 200. [46]

2.2 Třídy datových center

Datová centra se rozdělují do čtyř tříd (Tier) na základě spolehlivosti. Tato rozdělení byla uvedena Uptime institutem. [47]

2.2.1 Třída 1

Nejnižší spolehlivost datových center. Většinou provozována v rámci menších podniků.

1. Garantovaný provoz serveru 99,671 % času,
2. bez nadstavu elektrického rozvodu a chladicí technologie.

2.2.2 Třída 2

Druhá třída je obvykle provozována menšími společnostmi s vyšší mírou spolehlivosti.

1. Garantovaný provoz serverů 99,749 % času,
2. částečný nadstav elektrického rozvodu a chladicí technologie.

2.2.3 Třída 3

Třetí třída je běžná pro velké podniky a komerčně provozovaná datová centra.

1. Garantovaný provoz serverů 99,982 % času,
2. Záložní elektrická rozvodna (N+1),
3. Záložní připojení k internetu (N+1),
4. minimálně 72 hodin pokrytí záložním zdrojem energie.

2.2.4 Třída 4

Datová centra čtvrté třídy jsou nejvyšší spolehlivosti. Využívají se pro provoz nejdůležitějších dat.

1. Garantovaný provoz serverů 99,995 % času,
2. dvojnásobný počet elektrických rozvodů (2N+1),
3. zdvojené připojení k internetu (2N+1),
4. minimálně 96 hodin pokrytí záložním zdrojem energie.

2.3 Produkce tepla v datových centrech

Hlavním zdrojem tepla v datových centrech je teplo produkované v samotných serverech. Vedle serverů je teplo produkováno také z ostatních elektronických zařízení, jako jsou monitory, záložní zdroje energie, PDU a osvětlení. Dalším zdrojem tepla jsou osoby či chladicí jednotky.

2.3.1 TPD hodnota

Návrhový tepelný výkon (Thermal Design Power) je hodnota představující nejvyšší možný tepelný výkon, na který je nutné navrhovat chlazení počítačové komponenty. U elektrických čipů, bez mechanicky se pohybujících částí, se ztrátové teplo prakticky rovná spotřebované energii (Jouleovo teplo). TDP by mělo být použito jako cíl pro návrh chlazení pro dané komponenty (CPU, GPU apod.). TDP není maximální tepelný výkon, který může komponenta vyzářit.

$$Q_{Joule} = U \cdot I \cdot t \quad (1)$$

Největších hodnot ve dnešních serverech dosahují procesory, které v serverech bez osazených grafických karet spotřebovávají 60-70 % elektrické energie. Hodnoty TDP pro CPU se pohybují mezi 80-240 W. Jako běžnou střední hodnotu se dá uvažovat 120-150 W [17].

Tepelná produkce ostatních komponent je nižší. Hodnoty TDP pro RAM, SSD či síťové karty jsou do 5 W. Základní deska produkuje okolo 30 W.

2.3.2 Výkonová hustota

Výkonová hustota je důležitá charakteristika datových center. Značí maximální elektrický příkon IT vybavení (zároveň produkci tepla) na plochu. Je možné počítat s jednotkou $W \cdot m^{-2}$, ovšem tato hodnota není jednoznačná, jelikož nejsou specifikované údaje jako vztažná plocha DC, specifikace typu IT zařízení, procentuální zaplnění sálů apod. Z toho důvodu je preferovaná jednotka kW/rack, která je jednoznačnější a umožňuje lepší predikci pro budoucí rozvoj datového centra [29].

Dnes se hodnoty pohybují od 2kW/rack do 50kW/rack. Nejběžnější hodnotou nově budovaných DC je 5-7 kW/rack. (viz 2.8.1 - Obrázek 10) Důvodem je výhodný poměr ceny vůči náročnosti technického řešení a zároveň je možné dosáhnout relativně kompaktních rozměrů DC. Nižší hodnoty jsou uvažovány převážně pro síťové racky či datová uložení. Vysoké hodnoty jsou technicky náročné, využívané převážně u výpočtů HPC (viz 2.7.1) [17][18][29].

2.4 Varianty využití odpadního tepla

Odpadní teplo z výpočetní techniky je charakteristické nízkou výstupní teplotou. Nejvyšší výstupní teplota, se kterou je možné navrhovat, je $\approx 65^\circ C$. Tato práce se dále zabývá pouze přímým využitím odpadního tepla.

2.4.1 Přímé využití

Přímé využití odpadního tepla je technicky nejjednodušší a ekonomicky nejméně náročné řešení. U nízkoenergetických staveb je možné dimenzovat otopnou soustavu na teplotní spády 55/45 °C i méně. Teplota vody v zásobníku TV je dána vyhláškou 252/2004 Sb. = 55 °C [9]. Bez nutnosti dohřevu je možné dosáhnout teploty 60 °C v zásobníku TV. Další možností je například ohřev bazénu.

2.4.2 Napojení na tepelné čerpadlo

Pro navýšení výstupní teploty je možné napojení odpadního média na tepelné čerpadlo. Tato metoda je využita v datovém centru TTC Teleport v Sazečské ulici [18]. DC Sazečská je vzduchem chlazené. Část odvodního vzduchu o teplotě $\approx 30\text{-}35$ °C je v otopném období vedeno přes výparník tepelného čerpadla. Na kondenzátoru je tepelné čerpadlo napojené na teplovodní otopnou soustavu a je dosaženo vysokého SCOP. Napojení přes tepelné čerpadlo je varianta pro zvýšení výstupní teploty z DC pro následující, alternativní využití odpadního tepla.

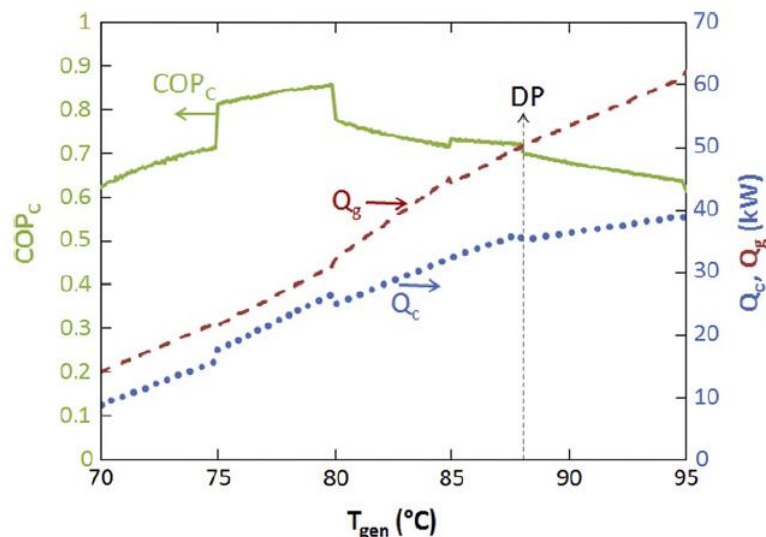
2.4.3 Prodej tepla do soustavy dálkového vytápění

Prodej tepla do soustavy dálkového vytápění je technicky možný. Se snižujícími tepelnými ztrátami objektů dochází k snižování teploty na primární straně rozvodů, ovšem výstupní teplota z DC je pro napojení příliš nízká. Variantou je navýšení teploty, např. pomocí tepelného čerpadla. Alternativou je prodej tepla do zpětného rozvodu a zvyšování teploty zpátečky. Tato možnost je propagována v severských zemích, kde bylo na toto téma sepsáno několik odborných prací [22][23]. Toto řešení je z ekonomického hlediska nízce rentabilní. V české republice je požadavek na minimální výkon dodávaného tepla do soustavy dálkového vytápění 10 MW, což převyšuje příkon největších českých DC [18].

2.4.4 Absorpční chlazení

Absorpční chlazení na rozdíl od běžného Rankinova cyklu nepotřebuje elektrickou energii na pohon kompresoru. Namísto kompresoru je umístěn vypuzovač, který využívá energii tepelnou – odpadní. Jako spodní hranice pro absorpční oběh je udávána hodnota 80 °C.

Haywood A. a kolektiv se ve své práci věnovala využití odpadního tepla z DC pro chod absorpčního chlazení [27]. Při speciálním sestavení chladícího zařízení IT komponent byli schopni získat výstupní teplotu média až 95 °C. Jednalo se ovšem o specifický hardware a laboratorní podmínky. Z jejich výstupů vychází nejnižší vstupní teplota do absorpčního chlazení 70 °C. Teplotní spád chlazené vody byl 12,5/7 °C. COP u vstupní teploty 70 °C dosahovalo 0,6. Chladící výkon byl ovšem 4x nižší, než při vstupní teplotě 95 °C. Využití absorpčního chlazení je možné, ale chladící výkon je velmi nízký.



Obrázek 4: Graf COP a chladicího výkonu na vstupní teplotě média [27].

2.4.5 Výroba elektrické energie

Výroba elektrické energie odpadním teplem je možná, např. Organickým Rankinovým cyklem, Kalinovým cyklem či termo akustickým jevem. Zde opět platí, že vyšší teplota vstupní suroviny zvyšuje účinnost. Toto téma by bylo velmi zajímavé pro budoucí výzkum. V této práci není dále rozvinuto.

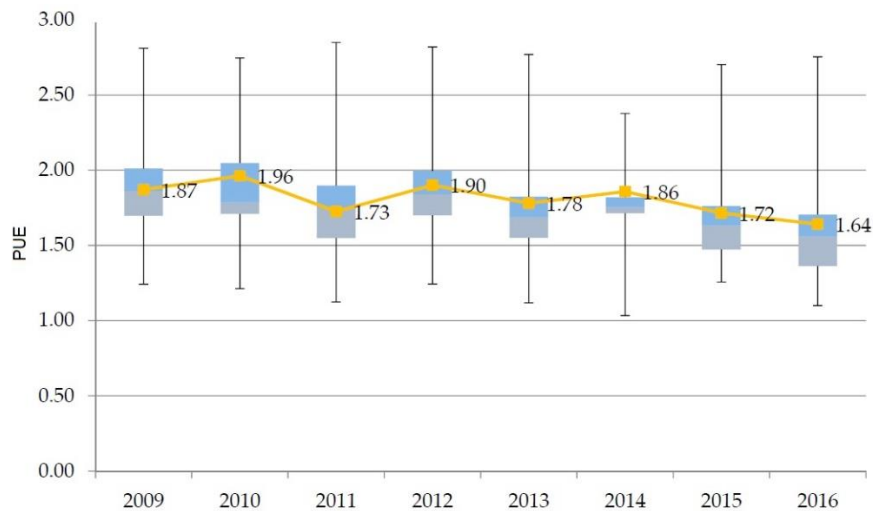
2.5 Metodiky srovnávání datových center

Většina datových center dnes vyprodukované odpadní teplo znovu nevyužívá. To vede k méně ekonomickému provozu a zhoršení stavu životního prostředí. Pro srovnání DC z hlediska jejich energetické efektivity se využívají následující hodnoty. Tyto hodnoty jsou také důležité pro ekologické a ekonomické porovnání DC [21][23].

2.5.1 PUE hodnota

Účinnost využití energie (Power Usage Effectiveness) je definován ČSN EN 50600-4-2 a stanovuje se jako poměr mezi celkovou energií dodanou do datového centra k energii spotřebované IT vybavením [16]. Čím nižší PUE hodnota, tím vyšší je energetická účinnost DC. Ideální hodnota PUE = 1. Dnešní průměrné PUE se pohybuje okolo 1,6. Nutno podotknout, že nejmodernější DC dosahují hodnot 1,2-1,1.

$$PUE = \frac{\text{celková dodaná energie do datového centra}}{\text{energie spotřebovaná IT vybavením}} \quad (2)$$



Obrázek 5: Vývoj průměrné PUE hodnoty v datových centrech. [34]

2.5.2 ERE hodnota

Indikátor efektivity znovuvyužití energie (Energy Reuse Effectiveness) byl zaveden v roce 2010 společností The Green Grid pro srovnání využití odpadního tepla z data center. Je definován jako poměr mezi celkovou energií dodanou do datového centra a sníženou o energii znovuvyužitou k energii spotřebované IT vybavením. Čím nižší ERE hodnota, tím vyšší je energetická účinnost datového centra. Hodnota ERE může být nižší než 1 [30].

$$ERE = \frac{\text{celková dodaná energie do DC} - \text{znovuvyužitá energie}}{\text{energie spotřebovaná IT vybavením}} \quad (3)$$

2.5.3 ERF hodnota

Faktor znovuvyužití energie (Energy reuse factor) je poměr mezi znovu využitou energií a celkovou energií dodanou do DC. Hodnoty ERF musí ležet mezi 0 (žádná znovu využitá energie) a 1 (veškerá energie je znovu využita).

$$ERF = \frac{\text{znovuvyužitá energie}}{\text{celková dodaná energie do DC}} \quad (4)$$

$$ERE = (1 - ERF) \times PUE \quad (5)$$

2.6 Chlazení výpočetní techniky

Zajištění optimální teploty pro chod serveru je jeden ze základních požadavků při jeho návrhu. Chlazení je energeticky vysoce náročné, spotřebovává až 40 % z celkové spotřebované energie DC. Vzhledem k energetické náročnosti bylo vytvořeno mnoho studií, jejichž cílem bylo snížení potřeby energie na chlazení, např. technologie zvaná free cooling (viz 2.6.5) K chlazení serveru jsou obecně využitelné čtyři technologie.

2.6.1 Chlazení vzduchem

Jedná se o chlazení dnes nejběžnější, technicky nejjednodušší a s nejnižší vstupní investicí. Přívod vzduchu je řešen zaplavovací metodou z podlahy. Ohřátý vzduch je poté odsáván v podhledu. Teplotní spád Δt je většinou stanoven na 15-20 °C. Tato varianta by byla přirozeně použitelná pro vytápění vzduchotechnikou, ovšem pro teplovodní vytápění či přípravu teplé vody by docházelo k nevynuceným ztrátám ve výměníku.

2.6.2 Chlazení vodou

2.6.2.1. Nepřímé chlazení - Rear door cooling

Tento způsob chlazení kombinuje chlazení vzduchem s vodním chlazením. Využívá se speciální rackové skříně, která v zadní části obsahuje vodní výměník s chlazenou vodou. Ventilátory umístěné u výměníku nasávají vzduch z místnosti a ten se při průchodu rackem nahřeje od výpočetních komponent. Ohřátý vzduch odevzdá teplo do tekutiny ve výměníku. Výhodou tohoto systému je možná instalace do již existujících racků, které byly chlazeny vzduchem, a tím dojde ke zvýšení výkonové hustoty racku. Dále je možné dosahovat velmi vysoké výkonové hustoty na rack, až 100 kW. Nevýhodou je nutnost nízké teploty tekutiny (běžně 15-20 °C, max. 30 °C).

2.6.2.2. Přímé chlazení

Funguje na rozdíl od chlazení vzduchem cíleně, tedy že chladicí voda je přiváděna přímo na chlazenou komponentu serveru o vysokém výkonu (CPU, GPU). Tepelná výměna je prováděna přes tepelně vodivou destičku. Výhodou je vysoká účinnost a tepelná stabilita ochlazovaných komponent. Účinnost odvodu tepla z přímo chlazených komponent je 90-95 %. Nevýhodou je chlazení málo výkonných částí (základní deska, RAM, atd). Voda má cca 3 500x vyšší tepelnou kapacitu než vzduch. Z toho důvodu jsou potřeba nižší výkony na provoz čerpadel. Provoz je tišší, velikostně kompaktnější a může dosahovat vyšší výkonové hustoty (až 100 kW na rack). Pro vodní chlazení sestavila organizace ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) tabulku tříd pro chlazení kapalinami.

Tabulka 1: Třídy kapalinového chlazení dle ASHRAE

Třída	Popis	Výstupní voda z IT [°C]
W1	Tradiční DC chlazená kompresorovým chlazením a chladicí věží, s možností napojení ekonomizéru pro zvýšení energetické efektivity v závislosti na lokalitě.	2-17 °C
W2		2-27 °C
W3	Ve většině světových lokalit je možné operovat bez kompresorového chlazení.	2-32 °C
W4	Tato DC jsou chlazeny bez kompresorového chlazení k zvýšení energetické efektivity a snížení nákladů.	2-45 °C

W5	Teplota vody vystupující z chladicího okruhu IT má dostatečnou teplotu pro vytápění přilehlých objektů pro zvýšení energetické efektivity. Dále je možné dosáhnout nižších nákladů s využitím nekompresorového chlazení.	>45 °C
----	--	--------

2.6.3 Chlazení olejem

Poměrně nová technologie chlazení, kdy je server celobjemově ponořen v kapalině – minerálním oleji. Tato varianta zajišťuje velmi efektivní a spolehlivý odvod tepla ze všech komponentů serveru. Pomocí čerpadla je olej pomalu cirkulován do pasivního chladiče. Problémem je poměrně málo informací a provozů s touto technologií. Další nevýhodou je fakt, že množství oleje je v porovnání s množstvím vody značné a ohřátí oleje bude na příliš nízkou teplotu. Teplota oleje je v dnešních instalacích do 35°C [37].

2.6.4 Problematika docílení vysoké teploty výstupního média

Servery a jejich komponenty se většinou chladí na pokojovou teplotu, tedy teplotu mezi 20-27°C. Tento požadavek ovšem vznikl z převážně z jiných příčin, než je mechanické omezení IT vybavení. Z historických důvodů se využívá převážně chlazení vzduchem, kde teplota odvodního vzduchu přímo ovlivňuje teplotu v místnosti. Pobyt zaměstnanců data centra ve vysokých teplotách by poté nebyl možný. Dalším problémem u chlazení vzduchem jsou vzniky lokálních tepelných ostrovů, kde vlivem zhoršené cirkulace vzduchu může dojít k prudkému zvýšení teploty (v malém objemu) a selhání části výpočetní kapacity. Tyto problémy nejsou limitujícím faktorem při využití technologie chlazení vodou.

Vzhledem ke snaze o snížení ekonomické náročnosti provozu DC a vlivem free coolingu, se začala objevovat DC s vyšší operativní teplotou. Jeden z nejvýkonnějších superpočítačů v Evropě zvaný SuperMUC je chlazen „teplou vodou“. Chladicí voda na vstupu má až 40 °C. Voda na výstupu pak dosahuje i 70 °C. Teplá voda je využita na vytápění přilehlých budov. Podobnou technologií je chlazen i superpočítač Aquasar [32][33][34][36].

Výrobci procesorů a grafických karet uvádí jako rizikovou teplotu ≈ 100 °C. Hodnoty se různí na základě konkrétních komponent. Práce K. Ebrahimiho [26] uvádí horní bezpečnou teplotu pro provoz procesorů, grafických karet a operačních pamětí mezi 78-85 °C. Datová uložiska typu HDD i SSD mají rizikovou teplotu ≈ 60 °C a horní bezpečnou teplotu 40-45 °C. Tyto hodnoty byly ověřeny během rozhovoru v DC Kokura [17].

2.6.5 Free cooling

Technologie free coolingu je známá z průmyslového chlazení. Princip free coolingu spočívá ve využití chladného okolního vzduchu místo kompresorového chlazení. Vzhledem k vysokým vnějším teplotám v letním období je tento systém využit primárně u systémů chlazených „teplou“ vodou. Pro případ, kdy je DC chlazeno tekutinou o teplotě nad 32 může být zajištěno celoroční chlazení pasivním výměníkem voda/vzduch. U nižších teplot chladicího média je možné využít kombinaci s chladicí jednotkou.

2.7 Využití výpočetní techniky

2.7.1 HPC

High Performance Computing, do češtiny překládáno jako vysoce náročné nebo vysokovýkonné výpočty. Jedná se o soustavu paralelně připojených počítačů, které spolu interagují (vytváří tzv. cluster). HPC se zabývá převážně matematickými výpočty, jako je predikce počasí, analýza statistických dat či vědecké práce. Využívá se převážně výpočetní síla procesorů. Tato varianta by pro účel využití tepla byla optimální z toho důvodu, že výpočty jsou náročné, konstantní a v čase rovnoměrně rozvržené. Docílilo by se vysokého využití a dlouhodobé zátěže všech komponent.

2.7.2 Dedikované a public servery

Jedná se o pronájem hardwaru, který koncový zákazník spravuje na dálku. Hardware se skládá z běžných komponent. Výpočetní výkon dedikovaného serveru je kompletně vyhrazen jednomu klientovi, zatímco výkon public server může být rozložen mezi více klientů. V ani jednom případě se poskytovatel nestará o software a zákaznickou podporu, mimo oprav hardwaru. Pro tyto případy slouží tzv. managed server. Klientem bývají menší až střední podniky, internetové stránky či obchody. Tato varianta je využitelná, ovšem není optimální. Výkon bude značně kolísavý a v porovnání s HPC méně předpověditelný.

2.7.3 Potvrzování transakcí v kryptoměnové síti

Získávání kryptoměn (zvané též těžba kryptoměn) je na jednu stranu velmi lákavé. Výkon je kontinuální bez výpočetních prodlev. Technicky je řešení jednoduché a komponenty zahrnují převážně grafické karty o vysokém příkonu. Při těžbě je nepodstatná také softwarová a fyzická bezpečnost. Na druhou stranu je vývoj kurzu a tedy budoucího zisku nejistý. V dnešních podmínkách, při cenách energií v České republice, je návratnost nízká. Navíc se pro získávání kryptoměn využívá specializovaný hardware, tzv. ASIC, který je nepoužitelný pro jiné operace. Vzhledem k nejistému vývoji nejen kurzu, ale i samotné existence kryptoměn v budoucnu, se tato práce soustředí na jiné využití výpočetního výkonu.

2.8 Rozložení výkonu výpočetní techniky

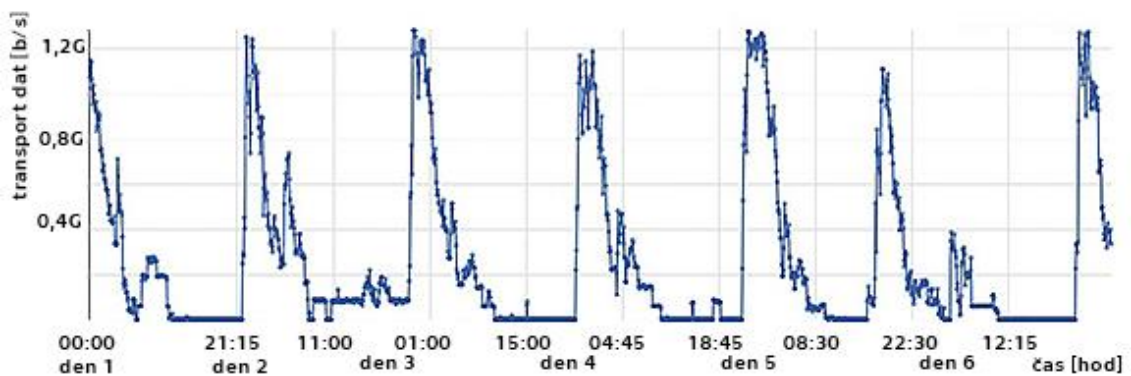
2.8.1 Rozložení výkonu v čase

Jedna z problematických částí využití výpočetní techniky jako zdroje tepla je nejistota časového rozložení výkonu. U datových center, zaměřující se převážně na HPC, bude výkon rozložen konstantnější a s vyšším příkonem. Zapříčiněno je to z důvodu náročných a dlouho trvajících výpočtů, které jsou provozovány v časovém horizontu hodin až dní. Naopak, nejistota bude větší u datových center, která se zaměřují na dedikované či public servery.

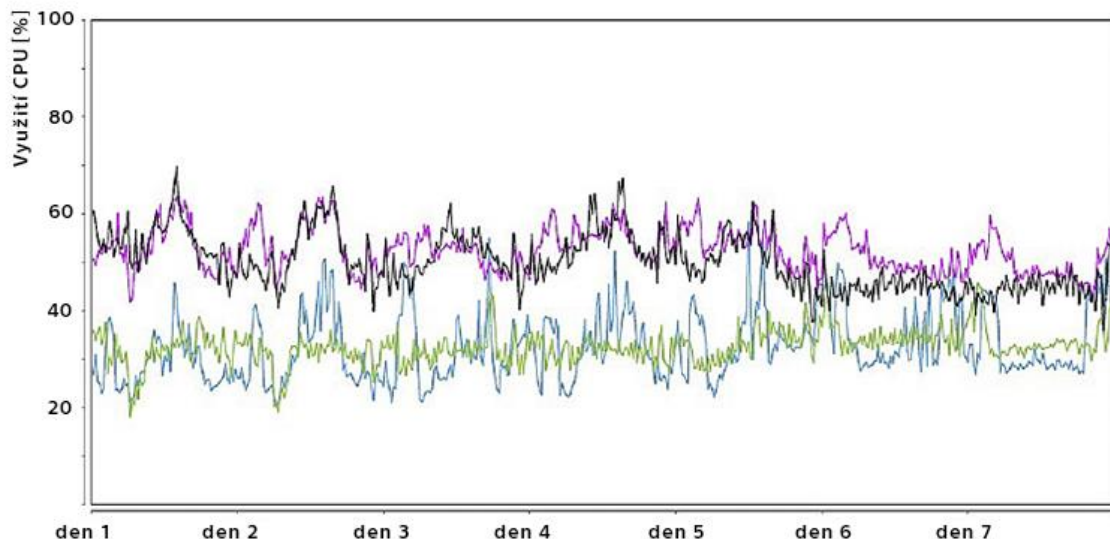
Poptávka po jejich službě bude závislá na čase a tím také využití jednotlivých čipů.

2.8.1.1. Datové centrum ve finském městě Espoo

Tímto problémem se zabýval tým pod vedením M. Wahlroose a M. Parssinena [22] na ukázkovém DC, který po dobu jednoho týdne důkladně analyzoval chování části DC ve finském městě Espoo. Jednalo se o DC s dedikovanými servery, fungující na technologii Vmware ESX. Níže přiložený Obrázek 6 ukazuje datový tok informací v daném DC během jednoho týdne. Z grafu je vidět jasná nárazovost provozu takového typu DC. Obrázek 7 znázorňuje využití čtyř procesorů a jejich procentuální využití během daného týdne.

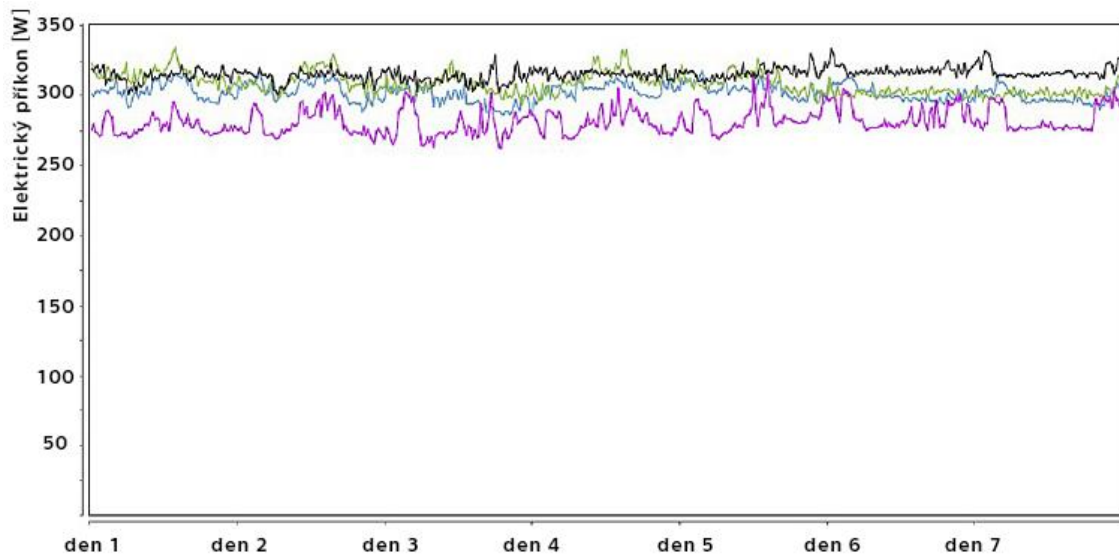


Obrázek 6: Průběh datového toku DC v Espoo v čase [22].



Obrázek 7: Rozložení využití čtyř CPU v čase (DC Espoo) [22].

Z dat provozu tohoto datového centra je vidět kolísavá tendence zátěže jednotlivých procesorů a ještě výraznější rozdíl pohybu dat v čase. Zátěž na ostatní části počítačových komponent z této studie není známa, ovšem dá se předpokládat, že křivka bude podobná křivce zátěže procesorů.

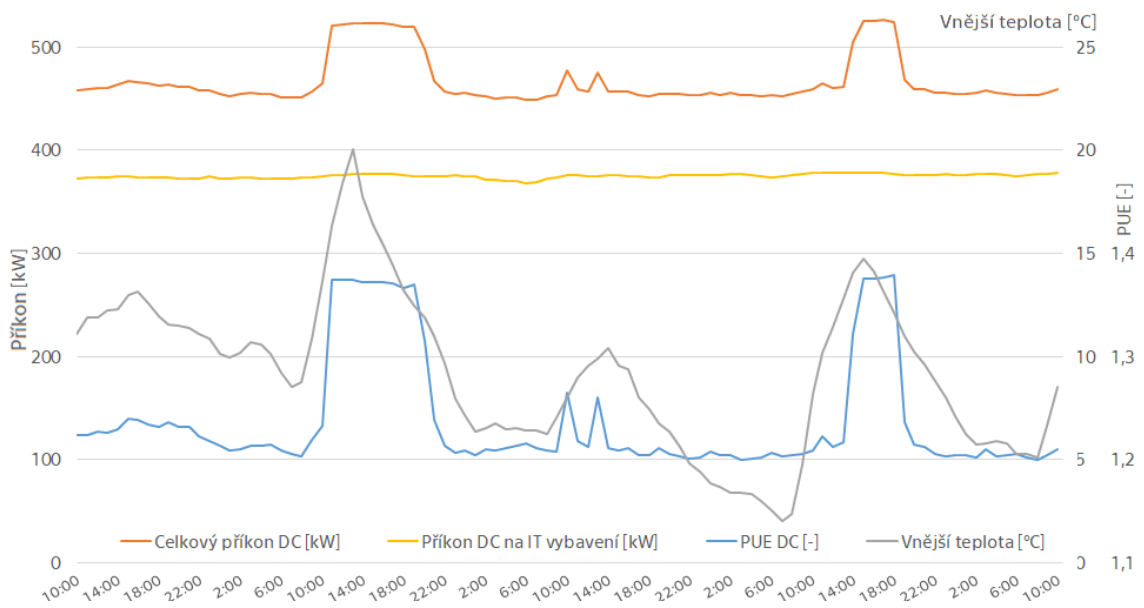


Obrázek 8: Rozložení elektrického příkonu čtyř CPU v čase (DC Espoo) [22].

Finský tým přichází se závěrem, že DC jsou velmi stabilním zdrojem odpadního tepla. Tento závěr je podložen výstupním grafem Elektrického příkonu zkoumaných procesorů (Obrázek 8). Na něm můžeme vidět kolísání el. spotřeby v rozmezí $\pm 10\%$. V počtu stovek či tisíců procesorů se příkon může považovat za konstantní.

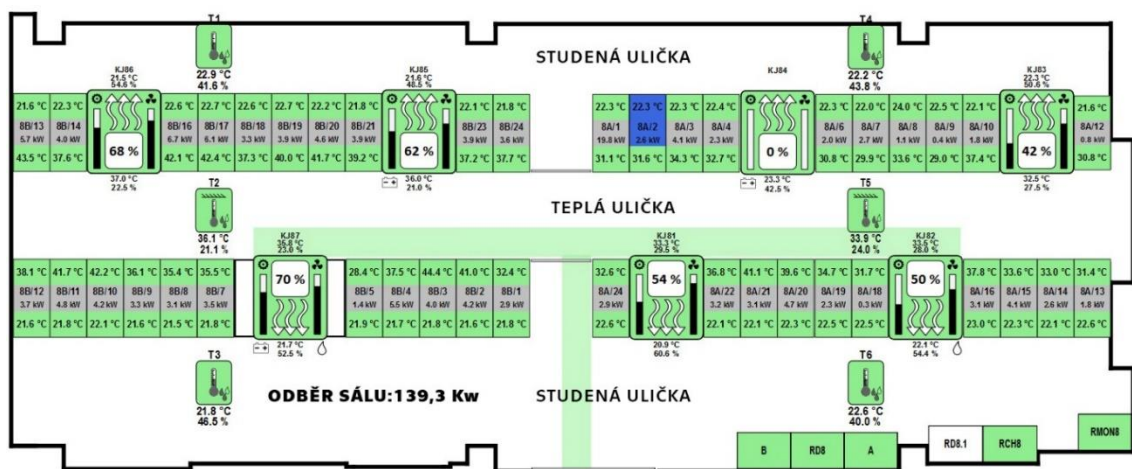
2.8.1.2. DC TTC Teleport Sazečská ulice

Druhým zdrojem informací je fyzická návštěva datového centra TTC teleport v Sazečské ulici (07. 03. 2019) [18]. Toto datové centrum poskytuje své technologické zázemí klientům, kteří osazují vlastní hardware. Klienti DC tvoří tři hlavní skupiny a to velké firmy, které výpočetní výkon využívají pro vlastní účely (např. ČEZ), dále cloudové služby, které poskytují výkon třetím stranám a nakonec je zde instalováno i početné množství techniky na získávání kryptoměn. Celkový instalovaný výkon IT zařízení DC činil 816 kW, z čeho bylo v době návštěvy dlouhodobě odstaveno 165 kW (přístroje na získávání kryptoměn). Instalovaný aktivní výkon tedy byl 651 kW. Obrázek 9 zobrazuje PUE, elektrický příkon všech datových sálů (DC bez administrativní části objektu) a venkovní teplotu během zkoumaného období. Z dat byl vypočten průměrný příkon na IT vybavení, který činil 375 kW, což je 57,5 % z maximálního možného příkonu. Hodnota oscilovala mezi 368 kW (56,5 %) a 378 kW (58 %). Z grafu je dále možné vyčíst vliv vnější teploty na celkovou elektrickou spotřebu, z důvodu aktivace kompresorového chlazení při vnější teplotě $>14\text{ }^{\circ}\text{C}$.

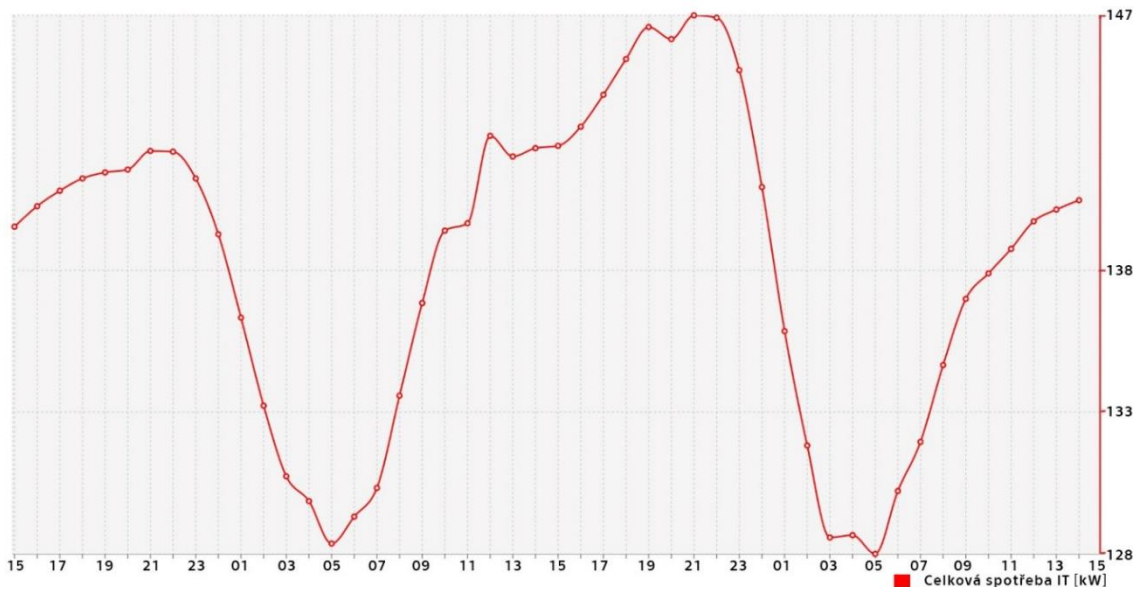


Obrázek 9: Příkon, PUE a vnější teplota DC TTC Teleport v Praze [18].

V rámci tohoto datového centra byl sledován stav konkrétního datového sálu. Tento sál je pronajímán větším společností pro vlastní účely. Jedná se tedy o nejčastější variantu DC. Sál nebyl vybaven přístroji pro těžbu kryptoměn, které výrazně mění výstupní informace. Půdorysné schéma tohoto sálu je na Obrázku 10. Z obrázku lze vyčíst průměrný výkon jednoho racku, který se zde pohyboval okolo 4-5 kW. Spotřeba tohoto sálu je znázorněna v níže přiloženém grafu (Obrázek 11). V tomto sálu se příkon zařízení pohyboval mezi 128 a 147 kW, rozptyl tedy dosahoval 14 %. Zajímavé je, že křivka částečně kopíruje křivku NIX (Neutral Internet eXchange - datová křivka internetového toku v ČR.) [48] a zároveň v omezené míře křivku odběru teplé vody dle ČSN EN 15316-3 [11]. I z těchto dat lze považovat datová centra jako stabilní zdroj tepla.



Obrázek 10: Půdorysné schéma vzorového datového sálu v DC TTC Teleport [18].



Obrázek 11: Spotřeba vzorového datového sálu [18].



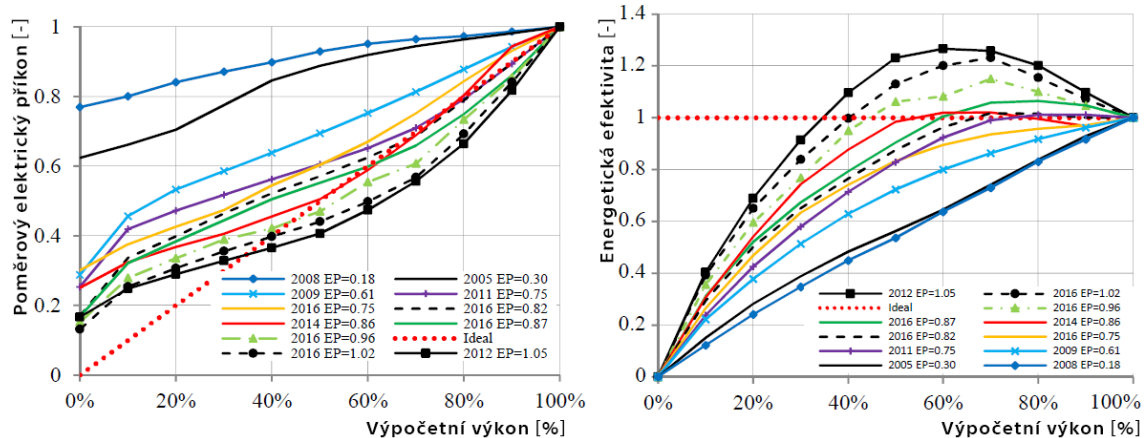
Obrázek 12: Křivka NIX ze dne 05. 04. 2019 [48].

2.8.2 Regulace výpočetní techniky

Tým vedený C. Jiangem se ve své studii „Energy Proportional Servers: Where are we in 2016?“ zabýval energetickou spotřebou a náročností moderních datových center. V rámci své studie zkoumal 477 jednotlivých serverů [24].

Obrázek 13 vlevo znázorňuje Energetickou proporcionalitu (EP) moderních serverů z výše zmíněné studie. EP charakterizuje vliv sníženého výpočetního výkonu serveru na měrný elektrický příkon. Elektrický příkon je vztažen k příkonu při plném výpočetním výkonu serveru. $EP=1$ odpovídá úměrné regulaci. $EP<1$ znamená, že regulace daného serveru zvýší jeho měrnou elektrickou spotřebu. Naopak $EP>1$ vyjadřuje snížení měrného elektrického příkonu. Ideální regulace by měla lineární průběh (červená tečkovaná úsečka). Z grafu lze vyčíst výrazná nelinearity, kde lepší energetické efektivity je dosaženo v oblasti mezi 50-80% výpočetního výkonu. V této studii mělo $EP<1$ 99,58 % serverů z celkového počtu 477 testovaných.

$$EP = 1 - \frac{\int_{0\%}^{100\%} \text{reálný chip} - \int_{0\%}^{100\%} \text{ideální chip}}{\int_{0\%}^{100\%} \text{ideální chip}} \quad (6)$$



Obrázek 13: Energetická proporcionalita a energetická efektivita serverů [24].

Obrázek 13 vpravo znázorňuje energetickou efektivitu (EE) těchto serverů. EE je hodnota, která stanovuje poměr výpočetního výkonu k měrnému příkonu.

$$EE = \frac{\text{Výkon serveru}}{\text{elektrický příkon}} \quad (7)$$

Z obou grafů v Obrázku 13 lze vyčíst, že moderní servery pracují nejefektivněji při ± 60% výkonu. Z Obrázku 7 můžeme vyčíst, že výpočetní výkon dedikovaných a public serverů (procesorů) se nejčastěji nachází mezi 30-50%. V tomto rozmezí se energetická efektivita pohybuje okolo 1. Pro HPC servery pracující při maximálním výpočetním výkonu je energetická efektivita logicky rovna 1.

Z rozhovorů, které byly provedeny s vedoucími datových center Kokura, Seznam a Sazečská, TTC Teleport vychází závěr, že cílená regulace výkonu je téměř nemožná. Je technicky také velmi obtížně regulovat servery po částech, tedy přednostně určit, který server sníží výkon na úkor jiného a to i v prostředí, kde je všechna technika v rukou jednoho vlastníka (např. DC Kokura, Seznam.cz) [17][18].

Závěrem lze konstatovat, že v běžném datovém centru má regulace výkonu výpočetní techniky zanedbatelný vliv na měrnou elektrickou spotřebu.

3 Podobné systémy

Na trhu, převážně v západní Evropě, již existuje řada podobných systémů.

3.1 Decentralizované

Jedná se o instalace, které jsou rozmístěny většinou do rodinných domů. Většina výpočetního výkonu se věnuje dedikovaným serverům, případně získávání kryptoměn.

3.1.1 Cloud and Heat

Německá firma se sídlem ve Frankfurtu, založena roku 2012. Velký rozvoj byl zaznamenán roku 2015. Dodává servery ve vlastních rackových skříních do domácností. Servery a jejich výkon je stále ve vlastnictví firmy a tedy i jejich všechny zisky. Případný zájemce uhradí vstupní investici ve výši 12 000€. Společnost následně proplácí náklady na elektrickou energii, internetové připojení a údržbu serveru a to po dobu minimálně 15 let. Jako základní požadavky společnost uvádí rychlost internetového připojení min. 50Mbit.s⁻¹, připojení na třífázový proud a dostatečný prostor pro umístění rackové skříně a zásobníku TV o velikosti 125-2 000l. Vzhledem k výši investice vychází náklady na provoz 20 000Kč ročně. Pro příklad rodinný dům o kombinované potřebě tepla 45GJ.rok⁻¹ by zaplatila při využití plynu 21 600Kč, u dřevěných peletek 16 200Kč a při elektrickém vytápění 27 700Kč. Cloud and Heat uvádí, že je schopna získat až 90% odpadního tepla. RS může být osazen až 48 procesory s tepelným výkonem až 9 kW [50].

3.1.2 Nerdalize

Nizozemská firma, nabízející dvě řady produktů. První je produkt „kotlového“ typu, podobný jako nabízí firma Cloud and Heat. Druhý je nástěnný modul ve variantě přímotopu. Nástěnný modul vyžaduje vstupní investici ve výši 500€. Její výkon je 1kWh a rozměry 122/70/17cm. Musí být osazen na vnější stěně, aby mohlo být odvedeno přebytečné teplo. O produktu kotlového typu nejsou žádné konkrétní technickoekonomické údaje. Společnost opět proplatí spotřebovanou elektřinu [51].

3.1.3 Qarnot

Francouzská firma, která nabízí pouze přímotopnou variantu. Na rozdíl od konkurence, firma Qarnot své produkty prodává. Její produkty jsou speciálně vybavené na těžbu kryptoměn, případně na tvorbu vizualizací a podobné, grafické úlohy. Její produkty mají kompaktní objem 65/62,5/15 a výkon 450/650W v závislosti na režimu. Cena jedné jednotky je 2 900€. Předpokládaný zisk je udáván na 100€ měsíčně, bez nákladů na elektřinu. Výhodou je nulová hlučnost díky využití pasivního chlazení a velmi elegantní design. Nevýhodou je nemožnost ohřevu vody [52][53].

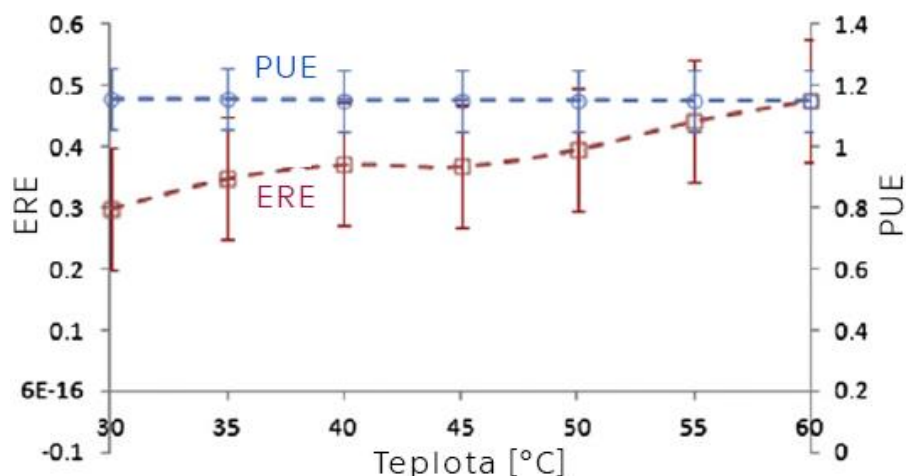
3.2 Centralizovaná DC

3.2.1 Wedos

Společnost Wedos byla založena v roce 2010. Dnes je největším poskytovatelem webhostingu v Česku. Jejich datové centrum se nachází v Hluboké nad Vltavou. V roce 2014 začali se stavbou druhého DC, které bude celé chlazené olejem viz 2.6.3. Plánovaná kapacita DC je až 10 800 fyzických serverů a bude jedním z největších DC svého druhu na světě. Odpadní teplo bude dodáváno do nedaleké městské plovárny. Cílem je dosažení nejprestižnějšího ocenění, certifikace TIER IV Operational Sustainability od Uptime Institutu (viz 2.2.4). Touto certifikací se zatím pyšní pouze devět DC na světě [39][40].

3.2.2 SuperMuc a Aquasar

Aquasar je systém superpočítače s integrovaným vodním chlazením vyvinutý firmou IBM. Prototyp byl uveden do provozu v roce 2010 v ETH Zurich. Dosahoval výpočetního výkonu 10 Teraflop.s⁻¹. Chlazení serveru je vidět na Obrázku 22 na straně 35.



Obrázek 14: PUE a ERE charakteristiky superpočítače Aquasar [20].

SuperMuc je německý super počítač situovaný v Garchingu u Mnichova. Byl vybudován ve třech etapách, všechny chlazené přímým vodním chlazením (viz 2.6.2). Teplotní spád chladicí vody je 40/70 °C. Technologie první a druhé etapy byla od firmy IBM, založená na technologii superpočítače Aquasar. Přebytečným teplem byly vytápěny objekty v blízkém okolí. Životnost prvních dvou fází bude ukončena v roce 2019. Technologie třetí fáze je založena na technologii Lenovo Think System SD 650 (viz Obrázek 23). Přebytečným teplem je poháněna jednotka adsorpčního chlazení, kterou je částečně chlazen datový sál. S výpočetním výkonem 26.9 Petaflop.s⁻¹ tvořený 311 000 jádry se řadí k nejvýkonnějším superpočítačům na světě [32][33][34][35].

4 Technické řešení

4.1 Návrhový objekt

Pro diplomovou práci byl vybrán komplex bytových domů Park Hloubětín (viz Obrázek 15), na kterém byla ověřena možnost využití odpadního tepla z výpočetní techniky jako hlavní zdroj tepla objektu. Komplex sestává ze tří obytných budov. Objekty A a B jsou propojeny podzemním parkovištěm. Komplex je napojen na dálkové zásobování teplem. Každý objekt má vlastní předávací stanici. V objektech A a C se nacházejí komerční prostory.

Bytový dům Park Hloubětín

Lokalita	Praha 9 - Hloubětín
Rok dokončení	2016
Developer	JRD
Architekt	MS architekti
Počet bytů	117
Počet osob	334
Počet komerčních prostorů	5
Měrná potřeba tepla na vytápění [$\text{kWh} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$]	12
Tepelná ztráta objektu [$\text{W} \cdot \text{K}^{-1}$]	5 229
Potřeba tepla na vytápění [$\text{MWh} \cdot \text{a}^{-1}$]	411
Potřeba tepla na přípravu TV [$\text{MWh} \cdot \text{a}^{-1}$]	382



Obrázek 15: Vizualizace a situace bytového domu Park Hloubětín.

4.1.1 Obecné požadavky

Pro provoz datového centra je potřeba splnit několik podmínek k vytvoření vhodného podnikatelského prostředí. Dále je třeba zahrnout požadavky urbanistické a technické.

1. Samostatný prostor s vlastním vstupem.
2. Nezávislý provoz.
3. Administrativní část sloužící datovému centru.
4. Oddělené technické zázemí od bytového objektu.
5. Zabezpečení proti havárii vody v bytovém objektu.
6. Akustické řešení chladících jednotek a/nebo suchého chladiče.

4.1.2 Navržené řešení

Datové centrum bylo umístěno v souladu s výše zmíněnými požadavky. Nejvhodnější pozice pro datové centrum se nachází v 2.PP a 1.PP mezi objekty A a C (viz Obrázek 16). Prostor je vymezen dilatačními spárami z obou stran. Na ploše se momentálně nachází 13 parkovacích stání a sklad. Umístěním DC dojde k přerušení podzemního spojení mezi objekty A a C.

DC bude přímo přístupné ze severní strany od čerpací stanice (ulice Poděbradská). Provoz bude zcela oddělen od zbytku komplexu. Nová kotelna, která je součástí DC, má vlastní vstup z garáží objektu B.

Dispoziční řešení je navrženo na základě konzultace s vedoucím DC Kokura a podkladů firmy Cisco [17][31].

Velikost a výkon DC byly optimalizovány pomocí softwaru (viz 5. kapitola Výpočetní).

Plocha datových sálů tvoří 43 % z celkové plochy DC. Plocha je oproti požadavkům bytového komplexu naddimenzovaná, aby byl umožněn budoucí rozvoj DC.

Poloha mezi objekty je ideální i z důvodu teoretické havárie vody v jednom z bytů. Někteří z klientů DC by tímto mohli být odrazeni a došlo by ke snížení tržní hodnoty DC [44].

Suché chladiče budou situovány vně budovy u čerpací stanice směrem do rušné ulice Poděbradská. Tím dojde k minimalizaci akustické zátěže na komplex, obzvláště na obytné místnosti, které jsou orientovány na jih. Kompresorové chlazení bude umístěno v interiéru.

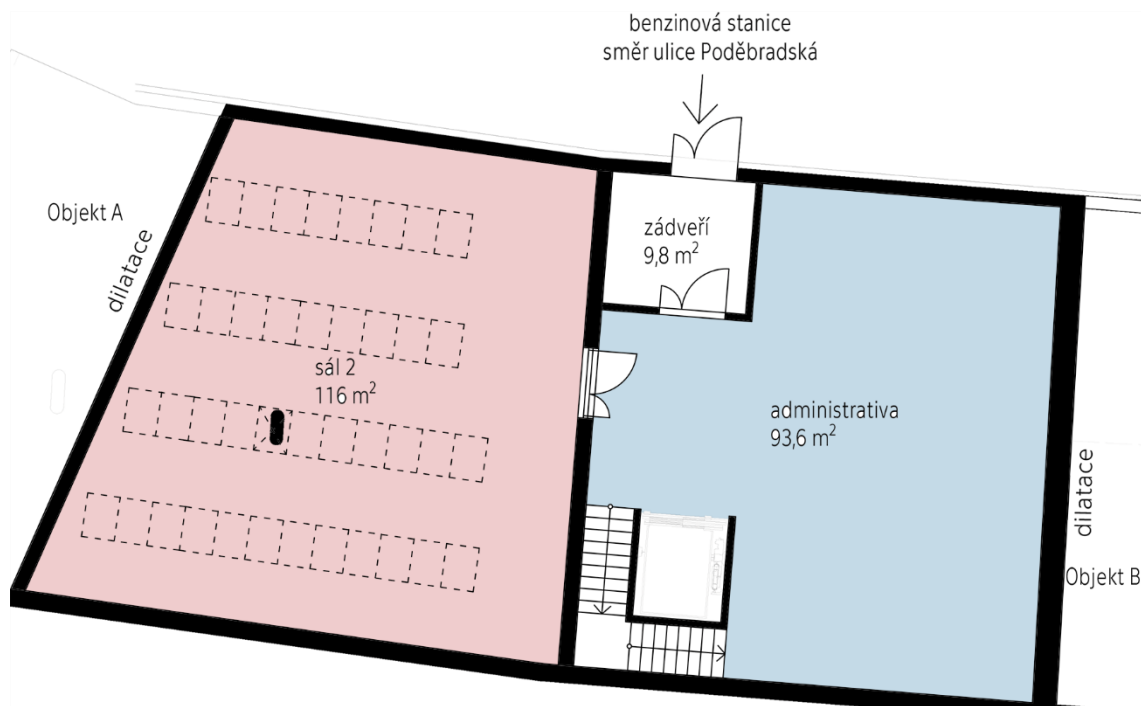


Obrázek 16: Navržená poloha DC v bytovém komplexu Park Hloubětín.

Tabulka 2: Dispozice navrženého DC v bytovém komplexu Park Hloubětín

Podlaží	Název místnosti	Plocha [m2]
1.PP	Zádveří	9,8
1.PP	Administrativa	93,6
1.PP	Datový sál 2	116
1.NP	Chlazení	30,7
1.NP	Záložní zdroj el. energie	37,8
1.NP	Nepřetržitý zdroj el. energie	17,8
1.NP	Komunikace	14,5
2.PP	Datový sál 1	116
2.PP	Kotelna	56,4

2.PP	Požárně bezpečnostní zařízení	30,6
2.PP	Komunikace	14,6
	Vertikální komunikace	12,5+12,5+12,5
	Celková podlahová plocha	575,3

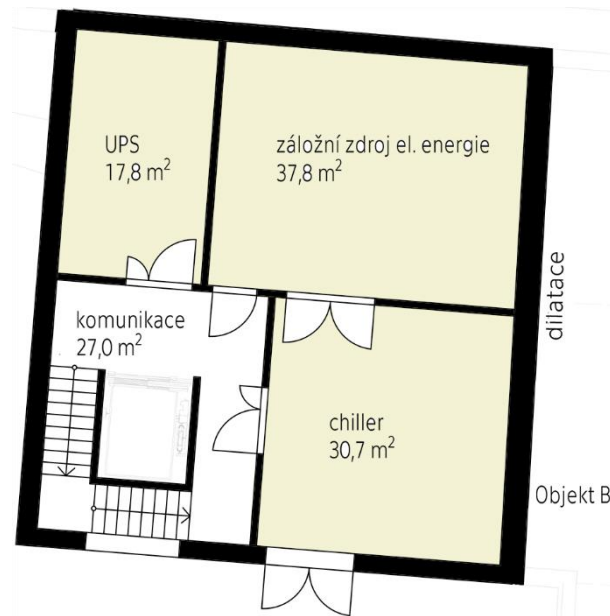


Obrázek 17: Půdorys vstupní podlaží (2.PP) navrženého datového centra.

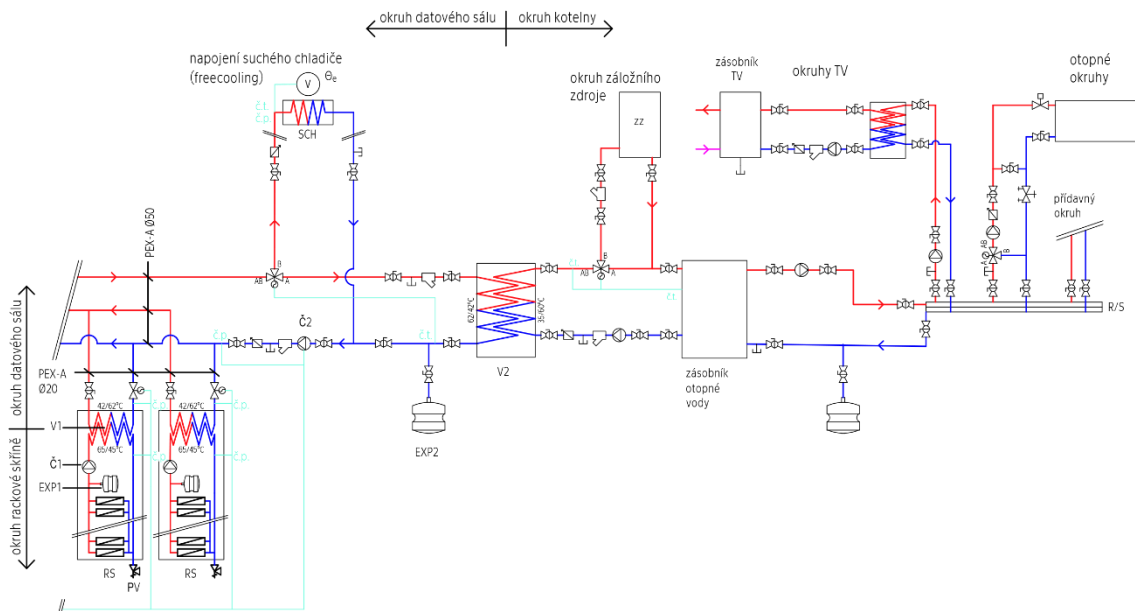


Obrázek 18: Půdorys spodního podlaží (3.PP) navrženého datového centra.

Součástí práce jsou technické výkresy navrženého datového centra, schéma napojení DC na otopnou soustavu a zjednodušená projektová dokumentace vytápění objektu B. Pro návrh byly, mimo jiné, využity poznatky ze skript [1][2]. Výkresy jsou v příloze 16 - 25.



Obrázek 19: Půdorys horního podlaží (1.PP) navrženého datového centra.



Obrázek 20: Schéma napojení DC na otopnou soustavu.

4.2 Odvod tepla z výpočetní techniky

Tato kapitola se zaměřuje na možnosti a technické řešení získávání tepla z datového centra a to teoretickými výpočty i příklady konkrétních komerčních produktů. Řazení je od nejmenší výpočetní jednotky (server) po řešení odvodu tepla z celého DC.

V práci jsou vždy uvažovány 3 varianty výkonnosti osazeného hardwaru. Pro výpočty a návrh DC budou užity hodnoty středně výkonného hardwaru, které odpovídají dnešní běžné praxi.

Tabulka 3: Výkonnostní varianty hardwaru využitě ve výpočtech

Výkonnostní varianta IT	TDP [W]			Odvod do vody [W]	Odvod ventilátorem [W]
	CPU	RAM	ostatní		
Vysoce	240 (2x)	12 (12x)	75	593	106
Středně	120 (2x)	5 (12x)		285	90
Nízce	50 (2x)	2 (12x)		118	81

4.2.1 Odvod tepla ze serveru

4.2.1.1. Odvod tepla ze serveru

Pro výpočet odvodu tepla z jednoho serveru uvažujme následující vstupní informace. Jeden chladicí obvod odvádí teplo z celkem dvanácti operačních pamětí a dvou procesorů. Účinnost odvodu tepla z přímo chlazených částí je uvažován 95 %. Teplo z ostatních komponent bude odsáváno ventilátorem. GPU není osazeno. Požadovaná teplota na výstupu je 65 °C. Přívodní teplota média je uvažována 45 °C. Teplotní spád $\Delta t = 20$ °C. Cílená rychlost proudění kapaliny se nachází v intervalu 0,1-0,7 m.s⁻¹. Z kalorimetrické rovnice (rovnice 888) a rovnice kontinuity (rovnice 9) je odvozena rovnice pro dimenzi potrubí (rovnice 10) uvnitř serveru.

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta t \rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \cdot \Delta t} \quad (8)$$

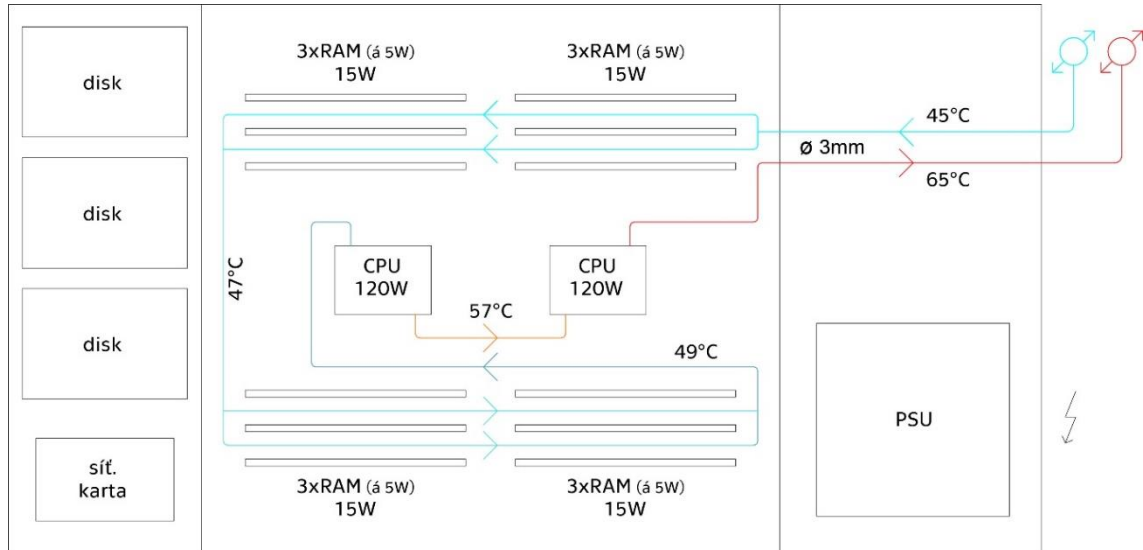
$$\dot{V}_1 = v_1 \cdot S_1 = \dot{V}_2 = v_2 \cdot S_2 \quad (9)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{Q}}{c \cdot \Delta t \cdot \rho \cdot \pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 300 \cdot 0,95}{4203 \cdot 20 \cdot 985,7 \cdot \pi \cdot 0,3}} = 3,8 \text{ mm} \quad (10)$$

kde:

- \dot{Q} = výkon serveru [W]
- c = měrná tepelná kapacita vody při střední teplotě [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
- Δt = teplotní rozdíl vody [K]
- ρ = hustota vody při střední teplotě [$kg \cdot m^{-3}$]
- v = rychlost proudění vody [$m \cdot s^{-1}$]

Na základě dimenze byly vypočteny rychlosti při různých tepelných zátěžích serveru. Voleaná velikost vnitřního průměru jsou 4 mm. Obrázek 21 zobrazuje předpokládaný průběh teplot a výkon chlazených komponent středně výkonného serveru. Pro tuto výkonovou variantu jsou dosazeny hodnoty do vzorců.



Obrázek 21: Schéma odvodu tepla z návrhového středně výkonného serveru.

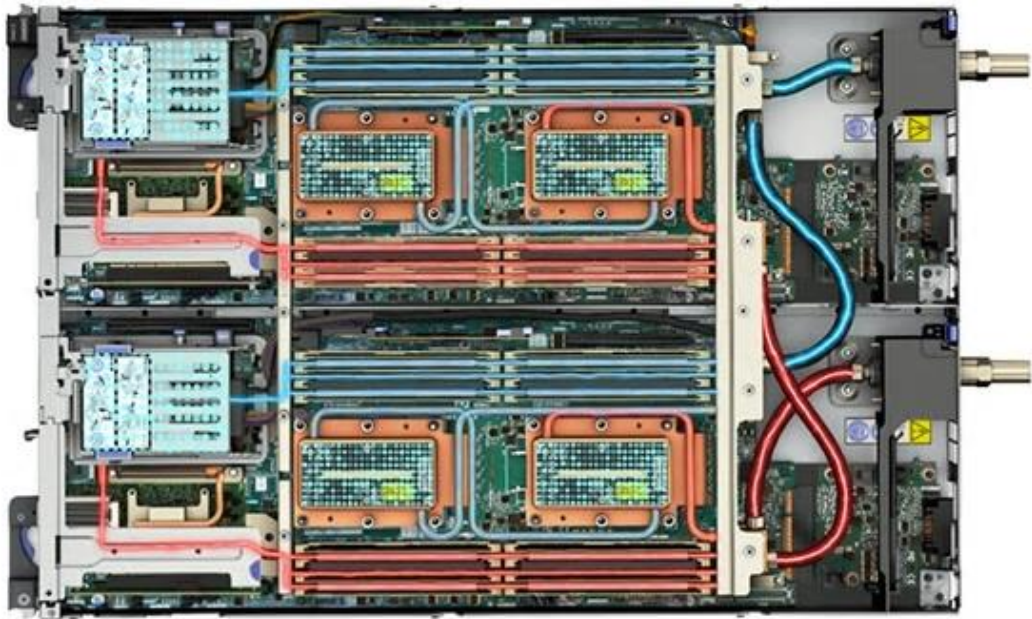
$$v = \frac{4 \cdot \dot{Q}}{c \cdot \Delta t \cdot \rho \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 300 \cdot 0,95}{4203 \cdot 20 \cdot 985,7 \cdot \pi \cdot 0,003^2} = 0,487 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (11)$$

Tabulka 4: Parametry vodního chlazení serveru pro různé výkonostní varianty serveru

Výkonostní varianta IT	Výkon do vody [W]	Hm. průtok [kg.h ⁻¹]	Rychlost [m.s ⁻¹]	Re [-]	Typ proudění
Vysoce	593	25,4	0,55	3 824	Turbulentní
Středně	285	12,2	0,27	1 911	Laminární
Nízce	142,5	5,0	0,14	956	Laminární



Obrázek 22: Vodní chlazení rack serveru –Aquasar [20].



Obrázek 23: Vodní chlazení rack serveru - Lenovo ThinkSystem SD650 [60].

Tabulka 4 značí rychlosti pro všechny 3 uvažované varianty. Rychlosti se nachází v požadovaném rozmezí $0,1-0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dále je zde uvedeno Reynoldsovo číslo, které bude dále využito pro výpočet součinitele třecích ztrát. Obrázek 22 a Obrázek 23 ukazují konkrétní produkty využívající vodní chlazení serveru.

4.2.1.2. Ověření maximální teploty na čipu

S ohledem na horní bezpečnou teplotu (viz 2.6.4) je nutné ověřit výpočtem teplotu na nejzatíženějším čipu. Tímto čipem je druhý procesor ve směru toku chladící tekutiny. Požadovaný teplotní spád na tomto čipu je 57/65 °C. Průměrná teplota využita pro stanovení fyzikálních veličin = 61 °C. Proudící voda je od CPU čipu oddělena měděným potrubím tl. 1 mm, $\lambda=360 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, které je uloženo na tepelně vodivém gelu tl. 50 mikrometrů $\lambda=3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Pro výpočet Nusseltova čísla je využita Pohlhausenova kritériální rovnice pro laminární a přechodové obtékání desky (rov. 15) [3]. Jako alternativní hodnota Nusseltova čísla je použita konstanta pro obdélníkový profil ($b/a \rightarrow \infty$) [4].

Dosazené hodnoty odpovídají variantě s osazeným středně výkonným hardwarem.

$$\Delta t = \frac{\dot{Q}}{\bar{u} \cdot S} = \frac{120 \cdot 0,95}{18\,949 \cdot 0,04 \cdot 0,04} = 3,8 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (12)$$

$$\bar{u} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{l}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{30\,004} + \frac{0,001}{360} + \frac{0,00005}{3}} = 18\,949 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (13)$$

$$h_i = \frac{Nu \cdot \lambda_W}{L} = \frac{18,32 \cdot 0,652}{(4 \cdot 10^{-4})} = 30\,004 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (14)$$

$$Nu = 0,664 \cdot \sqrt{Re} \cdot \sqrt[3]{Pr} = 0,664 \cdot \sqrt{371} \cdot \sqrt[3]{2,94} = 18,32 \text{ [-]} \quad (15)$$

$$Re = \frac{v \cdot D_h}{\nu} = \frac{0,43 \cdot (4 \cdot 10^{-4})}{0,462 \cdot 10^{-6}} = 371 \text{ [-]} \quad (16)$$

kde:	\dot{Q}	= výkon serveru [W]
	\bar{u}	= součinitel přenosu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
	S	= plocha CPU čipu [m^2]
	h_i	= součinitel přestupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
	l/λ	= tepelný odpor konstckce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]
	λ_W	= tepelná vodivost vody při teplotě 61 °C [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
	L	= charakteristický rozměr [m]
	Nu	= Nusseltovo číslo [-]
	Pr	= Prandtlovo číslo pro vodu při teplotě 61 °C [-]
	v	= rychlost proudění vody [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
	D_h	= hydraulický průměr [m]
	ν	= kinematická viskozita vody při teplotě 61 °C [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

Tabulka 5: Teplota čipu CPU pro různé výkonnostní varianty

Výkonnostní varianta čipu	Nusseltovo č. [-]	Teplotní rozdíl [°C]	Teplota na čipu [°C]
Vysoce [240 W]	Dle výpočtu = 25,90	6,1	71,1
	Z literatury = 8,23	13,3	78,3
Středně [120 W]	Dle výpočtu = 18,32	3,8	68,8
	Z literatury = 8,23	6,7	71,7
Nízce [60 W]	Dle výpočtu = 12,95	2,4	67,4
	Z literatury = 8,23	3,3	68,3

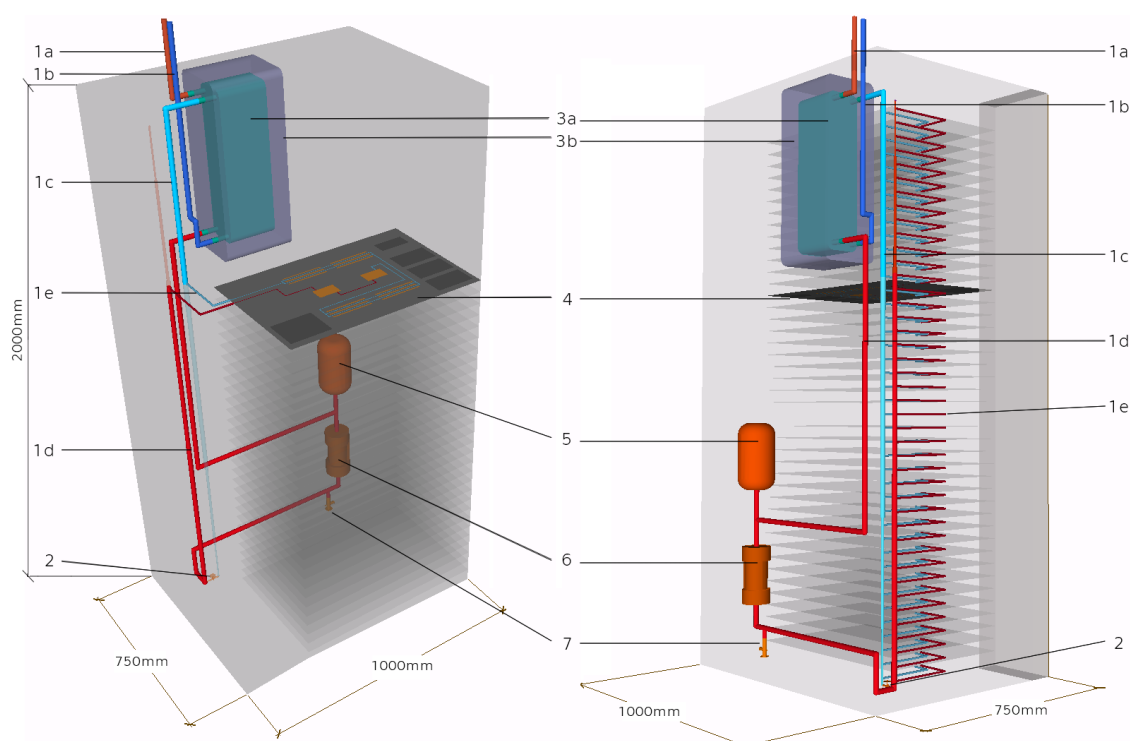
Z Tabulky 5 je zřejmé, že teplota na čipu při zvoleném teplotním spádu 45/65 °C je nižší než bezpečných 85 °C ve všech případech. Vypočtené hodnoty je nutné brát pouze jako orientační vzhledem k omezujícím parametrům podobnostní rovnice. Pro přesné hodnoty je potřebné experimentální měření pro konkrétní sestavu.

4.2.2 Odvod tepla z rackové skříně

Racková skříně (RS) (viz 2.1.1) je v této práci navržena. Schéma je na Obrázku 24. Navržené části tvoří potrubí, výměník tepla, čerpadlo, expanzní nádoba a pojistný ventil. Racková skříně je pouze jednoho typu a to tak, aby byla schopna účinně odvádět teplo v rozmezí všech tří uvažovaných variant.

Dostatečné chlazení serveru má nejvyšší prioritu. Situace, kdy by mohlo dojít k přehřátí a nucenému vypnutí či snížení výpočetního výkonu serveru, je nepřijatelná. Požadovaný průtok teplonosné kapaliny zajišťuje vnitřní čerpadlo s regulovatelnými otáčkami. Předpokládaného teplotního spádu kapaliny je dosaženo výkonem výměníku, který je navrhován na jmenovitý výkon rackové skříně (25 kW viz Tabulka 6)

Podrobné parametry a technické listy navržených jednotek jsou uvedeny v příloze.



Obrázek 24: 3D schéma rackové skříně s navrženým vodním chlazením.

1a	Odvodní potrubí	4.2.2.1
1b	Přívodní potrubí	4.2.2.1
1c	Přívodní potrubí rackové skříně	4.2.2.1
1d	Vratné potrubí rackové skříně	4.2.2.1
1e	Připojovací potrubí serveru	4.2.2.1
2	Bezpečnostní obtok	
3a	Výměník tepla - SWEP B15Tx57/2P	4.2.2.3
3b	Tepelná izolace výměníku	4.2.2.3
4	Server	4.2.1.1
5	Uzavřená expanzní nádoba – Regulus HW002	4.2.2.2
6	Čerpadlo	4.2.2.4
7	Pojistný ventil – Meibes 1" x 1 1/2"	4.2.2.2

Tabulka 6: Výkonnostní varianty rackové skříně

Výkonnostní varianta	Instalovaný výkon [W]	Výkon chlazen kapalinou [W]	Hm. průtok kapaliny [kg.h ⁻¹]
Vysoce	29 360	24 900	1 066
Středně	15 750	11 970	513
Nízce	8 360	4 950	212

4.2.2.1. Rozvodné potrubí

Všechna potrubí byla dimenzována výpočtem (viz rovnice 10, 11) metodou optimálních rychlostí teplotnosné látky, která byla stanovena mezi 0,2 a 1,2 m.s⁻¹.

Všechna potrubí jsou navržena ze síťovaného polyetylénu PEX-A.

Odvodní a přívodní potrubí z rackové skříně

Jedná se o potrubí 1a, které odvádí teplo o návrhové teplotě 62 °C z vnitřního výměníku a potrubí 1b, které přivádí teplotnosnou látku o návrhové teplotě 42 °C. Dimenze byla na základě výpočtu volena 20 mm. Izolace potrubí je volena ze skelné vaty tl. 30 mm (vyhovuje vyhl. 193/2007 [8]).

Přívodní a vratné potrubí rackové skříně

Jedná se o přívodní potrubí 1c, které přivádí chladicí kapalinu o návrhové teplotě 45 °C a vratné potrubí 1d, které odvádí teplou kapalinu o návrhové teplotě 65 °C. Potrubí bylo navrženo v souproutém zapojení. Toto zapojení zajišťuje hydraulickou stabilitu okruhu.

Dimenze potrubí pro plný průtok byla výpočtem stanovena na 18 mm. Hlavním vertikálním potrubím, ke kterému jsou napojeny přípojovací potrubí 1e, neprotéká konstantní průtok. Z tohoto důvodu mají potrubí proměnnou dimenzi. Izolace potrubí je volena ze skelné vaty tl. 30 mm (vyhovuje vyhl. 193/2007 [8]).

Přípojovací potrubí serveru

Jedná se o potrubí 1e, které je použito pro napojení serveru na vertikální potrubí. Navrženo je z ohebných plastových trubek PEX-A o vnitřním průměru 4 mm, který je roven vnitřnímu průměru chladicího systému uvnitř serveru. Toto potrubí není navrženo s tepelnou izolací.

4.2.2.2. Zabezpečovací zařízení

Zabezpečovací zařízení jsou navržena v souladu s platnou ČSN 06 0830 [13].

Pojistné zařízení

Racková skřín slouží jako zdroj tepla, z toho důvodu je povinnost osazení pojistným ventilem. Jedná se o zdroj tepla A1 dle ČSN 06 0830 [13].

Pojistný výkon = max. výkon zdroje, který je uvažován 25kW.

Pojistný průtok = 25 m³.h⁻¹.

Volen je ventil 1" x 1 1/4" od firmy Meibes s pojistným výkonem 188 kW.

$$S_0 = \frac{2 \cdot \dot{Q}_P}{\alpha_v \cdot p_{ot}^{0,5}} = \frac{2 \cdot 25\,000}{0,684 \cdot 80\,000^{0,5}} = 258 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (17)$$

$$S_0 \leq S_{0,min} = 258 \leq 380 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (18)$$

kde: S_0 = průřez sedla ventilu [mm²]
 \dot{Q}_p = pojistný výkon [W]
 α_v = výtokový součinitel pojistného ventilu [-]
 p_{ot} = otvírací přetlak pojistného ventilu [Pa]

Expanzní zařízení

Racková skříň je oddělena výměníkem od okolní otopné soustavy výměníkem. Z tohoto důvodu je osazena samostatnou uzavřenou expanzní nádobou.

$$V_{et} = 1,3 \cdot V_0 \cdot n \cdot \eta^{-1} = 1,3 \cdot 0,006 \cdot 0,02243 \cdot 0,324^{-1} = 0,54 \text{ [l]} \quad (19)$$

$$\eta = \frac{P_{h,dov,A} - P_{d,dov,A}}{P_{h,dov,A}} = \frac{181,3 - 122,6}{181,3} = 0,324 \text{ [-]} \quad (20)$$

$$P_{d,dov,A} = 1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} + p_B = 1,1 \cdot 985,7 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 10^{-3} + 101,3 = 122,6 \text{ [kPa]} \quad (21)$$

kde: V_{et} = minimální objem tlakové expanzní nádoby [l]
 V_0 = objem vody v soustavě [l]
 n = součinitel zvětšení objemu [-]
 η = stupeň využití expanzní nádoby [-]
 $P_{h,dov,A}$ = nejvyšší dovolený absolutní tlak [kPa]
 $P_{d,dov,A}$ = nejnižší dovolený absolutní tlak [kPa]

Zvolenou armaturou je expanzní nádoba Regulus HW002 s objemem 2l.

4.2.2.3. Výměník

Výměník tepla je umístěn v rackové skříni z důvodu umožnění systematického řešení. Zároveň bude oddělena teplotně látkou uvnitř rackové skříňe a látka přenášející teplo z datového centra do objektové kotelny. Kapalina chladící servery je předpokládána demineralizovaná voda, která nemá destruktivní dopady na elektroniku v případě vnitřní havárie.

Zvoleným výměníkem je SWEP B15Tx57/2P, dimenzovaný na přenos 25 kW při teplotních spádech 65/45 °C chlazené tekutiny a 42/62 °C ohřívání tekutiny. Výměník bude při jmenovitém průtoku 1080 kg.h⁻¹ vykazovat tlakovou ztrátu 18,7 kPa. Výměník byl volen na základě výpočtu v programu SSP calculation software od firmy SWEP.

Výměník je doplněn 50mm tepelné izolace ze skelné vaty.

4.2.2.4. Čerpadlo

Tlakové ztráty třecí a místní jsou přímo úměrné dynamickému tlaku, který roste s rychlostí. Z toho důvodu je čerpadlo dimenzováno pro nejnvýkonnější variantu, kde je průtok roven $0,3 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$. Proudění je turbulentního charakteru.

Kromě tlakových ztrát je pro návrh dopravní výšky čerpadla uvažováno s převýšením $2,0\text{m}$ uvnitř rackové skříně.

$$\Delta p_0 = \Delta p_{z,třecí} + \Delta p_{z,místní} = \lambda_F \cdot \frac{L}{D} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} + \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \text{ [Pa]} \quad (22)$$

$$\lambda_F = 0,316 / \sqrt[4]{Re} \text{ [-]} \quad (23)$$

kde: λ_F = součinitel třecích ztrát [-]
 ξ = součinitel místních ztrát [-]

Tabulka 7: Tlakové ztráty v potrubní síti rackové skříně

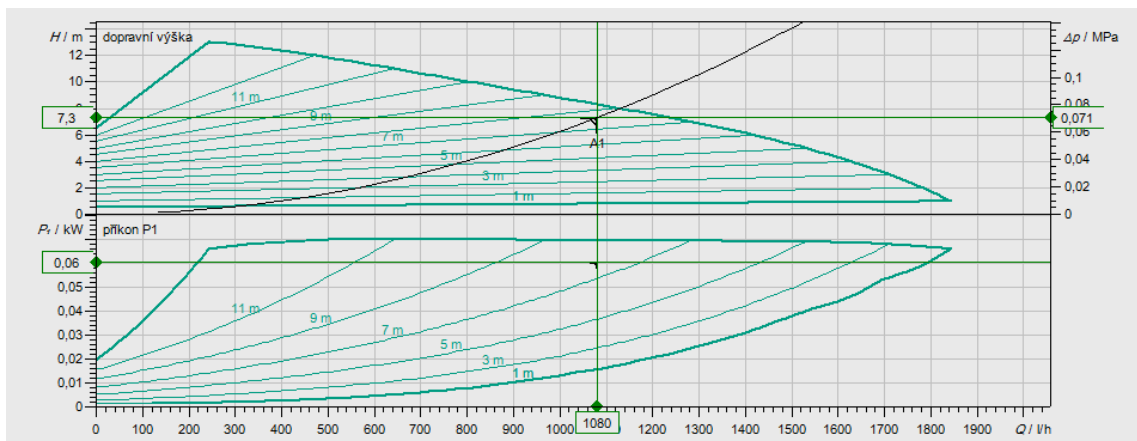
Popis úseku	m [kg.s ⁻¹]	L [m]	D [mm]	v [m.s ⁻¹]	λ_F [-]	$\Sigma\xi$ [-]	$\Delta p_{třecí}$ [kPa]	$\Delta p_{místní}$ [kPa]
DN18	0,247	0,67	18	0,98	0,024	0	0,42	0
DN16	0,141	0,67	16	0,71	0,027	0	0,28	0
DN10	0,060	0,36	10	0,77	0,030	0	0,31	0
DN6	0,018	0,18	6	0,63	0,036	0	0,21	0
Server	0,007	2	4	0,55	0,04	100	2,97	14,77
DN18	0,3	3	18	1,18	0,023	20	2,40	12,56
Výměník	-	-	-	-	-	-	-	18,7
Suma							5,4	46,0
Δp_0 [kPa]							51,4	

Dopravní výška čerpadla se vypočte vztahem

$$H_{\zeta} = \frac{\Delta p_0}{\rho \cdot g} + \Delta h + \Delta p_1 = \frac{51\,400}{985 \cdot 9,81} + 2,0 + \emptyset = 7,32 \text{ [m]} \quad (24)$$

kde: Δh = převýšení okruhu [m]

Zvoleným čerpadlem je jednotka Yonos PICO-STG 15/1-13 180 od firmy Wilo. Výběr byl optimalizován pomocí online aplikace firmy Wilo.

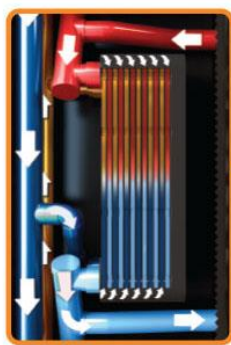


Obrázek 25: Charakteristika čerpadla Wilo Yonos PICO-STG 15/1-13 180.

4.2.2.5. Komerční produkty

Příklad možného řešení jsou rackové skříně (rack case) od firmy Asetek: RackCDU D2C™ (Obrázek 26). Jedná se o rack case o výšce 42U, který v sobě obsahuje rozvody pro chladicí vodu, výměník tepla, čerpadlo a pravděpodobně expanzní nádobu + expanzní ventil. Výrobce uvádí účinnost odvodu tepla 60-80 %.

Chladicí voda o 40°C vstupuje do výměníku z odvodního okruhu. Z chladicího okruhu vystupuje voda o 60°C. Napojení je možné spodní i horní.



Výměník předává teplo z okruhu chladicího do okruhu odvodního. Teplonosné kapaliny se nepromíchávají.

Vodní chlazení odebírá teplo z CPU, GPU a paměti s vysokou účinností a odvádějí jej do výměníku tepla. Celková účinnost činí 60-80%.



Hadičky chlazení se připojují pomocí rychlospojek. Zapojení je jednoduché, díky barevnému rozlišení přívodu a ovodu. Z druhé strany je napojeno elektrické napájení.

Obrázek 26: Racková skříň RackCDU D2CTM od firmy Asetek [38].

4.2.3 Odvod tepla z datového sálu

Na rozdíl od předcházejících kapitol není možné dimenzovat odvod tepla z datového sálu obecně. V další části bude pracováno s konkrétním sálem objektu bytového komplexu Park Hloubětín, který byl pro tuto práci zvolen (viz 4.1).

V datovém centru jsou celkem dva datové sály. Jejich celkový instalovaný výkon při střední výkonové hustotě by přesahoval 1 MW, což je podstatně více, než je potřeba objektu. Dimenzován tedy bude pouze první, spodní sál. Druhý sál je navržen pro případné rozšíření datového centra v budoucnu.

Datový sál je rozdělen na dva tepelné okruhy. Každý okruh odvádí teplo do zásobníku otopné vody samostatně přes tepelný výměník umístěný v kotelně.

V okruzích je prostor pro instalaci 22 respektive 17 rackových skříní. Z důvodů potřeb objektu je osazeno pouze 17 a 10 rackových skříní. Předpoklad výkonu RS je střední výkon (viz Tabulka 6) při 80% zaplnění. Výkon odevzdávaný do teponosné kapaliny je roven 9,6 kW/RS. Na základě naměřených hodnot v DC TTV Teleport a následné diskuze [17][18] je uvažováno s 60% chodem výpočetního zařízení. Všechny vstupní parametry je možné přehledně dohledat v kapitole 5.1 Vstupní hodnoty.

Každý okruh je osazen vlastní expanzní nádobou a čerpadlem, které reguluje průtok v okruhu. Regulace je na řešena pomocí rozdílného průtoku. Z důvodu regulace je optimální osadit RS co možná nejpodobnějším hardwarem tak, aby bylo dosaženo rovnocenného výkonu v každém racku. Okruhy jsou zapojeny do souprouděného zapojení, které vytváří hydraulickou stabilitu při jmenovitém průtoku.

Podrobné parametry a technické listy navržených jednotek jsou uvedeny v příloze.

4.2.3.1. Rozvodné Potrubí

Hlavní ležaté potrubí

Hlavní ležaté potrubí je navrženo DN 50 (viz rovnice 10, 1110). Rychlost by při kompletním osazení rackovými skříněmi (22/17 RS) dosahovala $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V uvažovaných variantách s nekompletním osazením (17/10 RS) je rychlost proudění $1,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (viz rovnice 11).

Potrubí je vedeno pod stropem. Materiálem je síťovaný polyetylen PEX-A. Zaizolováno je tepelnou izolací ze skelné vaty v tl. 50mm (vyhovuje vyhl. 193/2007 [8]).

Připojovací potrubí k suchému chladiči

Potrubí je stejných parametrů jako hlavní ležaté potrubí. Vedeno je v podlaze datového sálu 2.

4.2.3.2. Výměník tepla

Výměníky jsou situovány v kotelně. Každý tepelný okruh z datového sálu má vlastní výměník tepla. Výměníky byly vybrány pomocí programu SSP

calculation software od firmy SWEP. Teplotní spády jsou 62/42 °C na straně datového sálu a 35/60 °C na straně kotelny.

Zvolenými jednotkami jsou výměníky SWEP B28x73. Uvažovaný přenášený výkon na jeden výměník je 110 kW. Na okruhu s osazenými 17 RS budou umístěny dva výměníky. Na okruhu s 10RS bude umístěn jeden výměník. Při navýšení nad 10 RS by byla potřeba osadit druhý výměník stejné přenosové kapacity.

Výměníky budou tepelně izolovány 60mm skelné vaty.

4.2.3.3. Suchý chladič

Suchý chladič je umístěn mimo objekt. Slouží pro chlazení kapaliny při nedostatečném odběru z objektu. Dimenzován je na plně osazený datový sál předpokládané výkonové hustoty, tedy 470 kW a teplotní spád kapaliny 62/42 °C. Venkovní teplota byla volena 32 °C. Při navýšení kapacity nad 470 kW by bylo nutné doplnit druhým chladičem.

Suchý chladič byl vybrán pomocí programu GPC.eu od firmy Güntner. Zvolená jednotka je suchý chladič Güntner GFHV WD 100.20F/22A-62.

4.2.3.4. Expanzní zařízení

Okruh je oddělený, z toho důvodu je nutné umístit expanzní nádobu. Objem vody v okruhu činí 0,44 m³. Výpočtem (viz rovnice 19) je stanoven minimální objem expanzní nádoby na 22 l.

Zvolenými armaturami jsou dvě expanzní nádoby Regulus HS025 s objemem 25 l. Jedna armatura jistí jeden tepelný okruh.

4.2.3.5. Čerpadlo

Čerpadlo je opět dimenzováno na plný počet rackových skříní v rámci otopného okruhu o středím výkonu, tedy 22 RS. Jmenovitý průtok činí 3,3 kg.s⁻¹. K výpočtu jsou využity rovnice 22, 24.

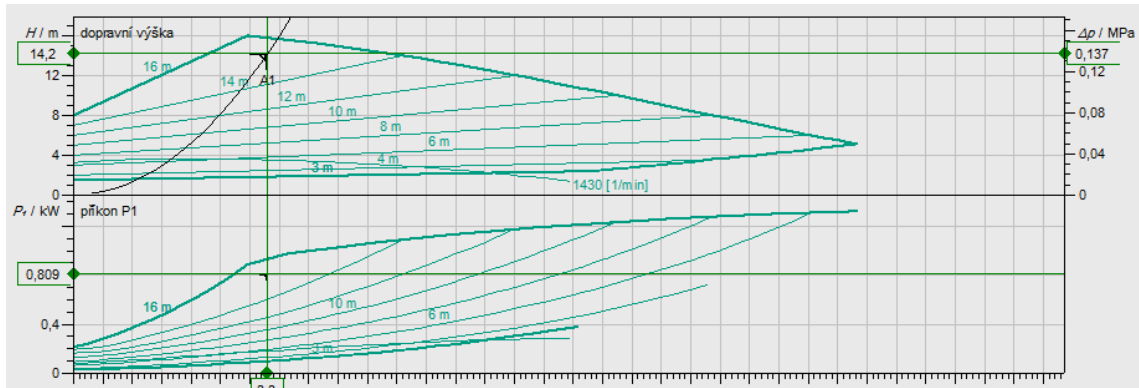
Tabulka 8: Tlakové ztráty v potrubní síti okruhu datového sálu

Popis úseku	m [kg.s ⁻¹]	L [m]	D [mm]	v [m.s ⁻¹]	λ _F [-]	Σξ [-]	Δp _{třecí} [kPa]	Δp _{místní} [kPa]
Ležatý rozvod	3,3	37	50	1,5	0,023	12	18,8	13,3
Připojovací potrubí	0,15	1,5	20	0,46	0,039	9	0,6	0,9
Výměník k RS	-	-	-	-	-	-	-	18,7
Výměník ke kotelně	-	-	-	-	-	-	-	61
Suma							19,4	93,9
Δp _o [kPa]							113,3	

Převýšení okruhu je uvažováno 2,5m

Dopravní výška čerpadla $H_{\zeta} = 14,2 [m]$

Zvolenými čerpadly jsou jednotky Stratos MAXO 50/0,5-16 PN6/10 od firmy Wilo. Výběr byl optimalizován pomocí online aplikace firmy Wilo.



Obrázek 27: Charakteristika čerpadla Stratos MAXO 50/0,5-16 PN6/10.

4.3 Řešení kotelny

Kotelna je od okruhu datového sálu oddělena výměníkem. Na straně kotelny byly dimenzovány pouze záložní zdroj a akumulční zásobníky. Podrobné parametry a technické listy navržených jednotek jsou uvedeny v příloze.

4.3.1 Záložní zdroj

Záložní zdroj je dimenzován na pokrytí extrémní potřeby tepla. Nejvyšší požadovaný výkon je 277 kW. Z této hodnoty je pokryto 117 kW datovým centrem a 160 kW je nutné pokrýt záložním zdrojem. Navrhnutým záložním zdrojem tepla je jednotka Logano plus GB312 – 160 výrobce Buderus.

4.3.2 Akumulační zásobníky a zásobníky TV

Z výpočetního programu je stanovena požadovaná velikost akumulčních zásobníků a zásobníků teplé vody na 5 880 l. Minimální velikost zásobníků TV je stanovena 3 880 l.

V kotelně u DC jsou zásobníky otopné a teplé vody pro objekty A a B. Objekt C má zásobníky vlastní.

Pro objekty A a B byly vybrány dva zásobník teplé vody Regulus ROBC 1 500 o objemu 2 x 1 494 l. Jako centrální zásobník otopné vody je navržena akumulční nádrž Regulus PS 2000 N+ o objemu 2 005 l.

V objektu C je uvažován zásobník teplé vody Regulus ROBC 2500 o objemu 2 508 l. Jako zásobník otopné vody je navržena akumulční nádrž Regulus PS 1000 N+ o objemu 927 l.

Celkový objem navržených zásobníků činí 8 428 l.

4.4 Regulace

Regulace je řešena kvantitativně, pomocí proměnlivého průtoku. Kvalitativní regulace pro odvod tepla by byla využita pouze v případě hrozícího přehřátí serverů. Primárním cílem je dostatečné chlazení výpočetních komponent, nikoliv kvalita výstupního tepla.

4.4.1 Racková skříň

Racková skříň obsahuje samostatný okruh, který je oddělený výměníkem a poháněn vlastním čerpadlem. Čerpadlo udržuje požadovaný průtok pomocí plynulé regulace otáček.

Každý procesor má zabudované čidlo teploty a výkonu. Na základě výkonu čipu by byl napsán algoritmus pro požadovaný průtok. Požadovaný průtok slouží jako zpětná vazba pro navržené čerpadlo. Čidlo teploty slouží pro vyhodnocení kritické teploty, při které by došlo ke skokovému navýšení průtoku uvnitř rackové skříňe. Při přiblížení ke kritické teplotě na kterémkoliv čipu by došlo ke zvýšení průtoku, snížení Δt a tedy k redukci teploty ve vratném potrubí. Tím by došlo k mírnému znehodnocení odpadního tepla, ale udržení požadovaného odvodu tepla z výpočetních komponent.

Při nekritických provozních podmínkách je teplotní rozdíl přívodní a vratné teploty kapaliny v RS průtokem udržován na konstantních 20°C při teplotním spádu 45/65 °C. Tento rozdíl je důležitý primárně pro kvalitní odvod tepla z komponent, sekundárně pro dosažení dostatečné teploty v zásobníku teplé vody.

4.4.2 Datový sál

Datový sál je uzavřený okruh, ohraničený na obou stranách výměníky tepla (k rackovým skříním a ke kotelně). Dále obsahuje napojení na suchý chladič. Při napojení na RS je osazen dvoucestným regulačním ventilem, poháněným elektromotorem. Jako zpětná vazba tohoto ventilu by byl napsán algoritmus, pracující s okamžitým průtokem před výměníkem z vnitřní strany RS. Jako kontrolní zpětná vazba by byla hodnota okamžitého průtoku za dvoucestným ventilem (před výměníkem na straně datového sálu). Tímto způsobem je zajištěn rovnoměrný průtok kapalin na obou stranách výměníku. Teplotní rozdíl přívodní a vratné teploty kapaliny v datovém sálu je průtokem udržován konstantních 20 °C při teplotním spádu 42/62 °C.

Celkový průtok okruhu je udržován pomocí navrženého čerpadla, které má plynulou regulaci otáček. Jako zpětná vazba čerpadla by byl využit součet okamžitých průtoků uvnitř rackových skříní. Tímto způsobem bude součet průtoků v RS roven průtoku v datovém sále.

Napojení na okruh free coolingu (suchý chladič) je řešeno pomocí třícestného ventilu s elektromotorem. Zpětná vazba pro tento elektromotor by byl algoritmus pracující s teplotou za výměníkem na straně ke kotelně. Okruh na suchý chladič by byl zapojen při převýšení teploty na přívodním potrubí datového sálu >42 °C. Pro přesné vyhodnocení by byl napojen také na sensor průtoku v okruhu datového sálu.

Vhodným senzorem průtoku je termoanemometr.

Vhodným senzorem teploty je polovodič typu NTC, pro přesnější hodnoty kovové odporové teploměry např. PT100.

5 Výpočetní nástroj

Pro zjištění optimální velikosti datového centra v libovolném bytovém objektu byl vytvořen výpočetní nástroj v Microsoft Excel. Zadané parametry odpovídají bytovému domu Park Hloubětín.

5.1 Vstupní hodnoty

Vstupními hodnotami programu pro výpočet jsou:

1. Tepelná ztráta objektu [$W.K^{-1}$],
2. počet osob v objektu,
3. požadovaná teplota v interiéru,
4. výpis vnějších prosklených výplní (volitelné),
5. Typologie objektu.

Požadavkem pro funkci programu je využití nízkoteplotní soustavy v objektu s přívodní teplotou nejvýše 60 °C.

Pro vyhodnocení je možné upravit následující hodnoty:

1. Účinnost odvodu tepla ze serveru,
2. výpočetní využití serverů,
3. cena za 1 kW IT vybavení,
4. cenu za elektrickou energii,
5. typ alternativního energonositele,
6. cenu za alternativní energonositel,
7. energonositel záložního zdroje,
8. výpočetní hustotu,
9. diskontní sazbu.

Velikost datového centra je možné volit přímo, zadáním instalovaného výkonu IT vybavení. Alternativou je technická optimalizace pomocí metody bivalentního bodu pro potřeby objektu.

5.2 Výstupní hodnoty

Výstupní hodnoty jsou tří kategorií. Všechny jsou na stejné záložce jako vstupní hodnoty, aby bylo dosaženo okamžité zpětné vazby.

5.2.1 Parametry datového centra a využití tepla

První jsou obecné parametry návrhového objektu, požadované velikosti zdroje tepla a velikost zásobníku TV. Dále parametry potřebné pro návrh datového centra, mimo jiné velikost instalovaného výpočetního výkonu, cena a podlahová plocha. Nakonec jsou zde parametry nakládání s teplem a jejich grafická reprezentace. Tuto část je možné jednoduše využít pro optimalizaci návrhu.

Dalším udaným parametrem je ERF – Faktor znovuvyužití energie (viz 2.5.3).

5.2.2 Ekonomické vyhodnocení

Stránka ekonomického vyhodnocení udává roční náklady referenční a návrhové budovy a to jednak budovy jako celku, jednak rozděleně na datové centrum a záložní zdroj.

Dále je uvedena roční finanční úspora. Finanční úspora je vyjádřena také procentuálně v porovnání např. s referenční budovou či provozem datového centra.

Nakonec jsou zde uvedeny parametry, u kterých dochází ke značnému rozdílu při návrhu běžného (vzduchem chlazeného) DC a DC s vodním chlazením a znovuvyužitím tepla, např. výkon suchého chladiče a kompresorového chlazení.

5.2.3 Ekologické vyhodnocení

Ekologické vyhodnocení je rozloženo na tři stránky.

Základními hodnocenými parametry jsou:

1. Roční spotřeba energie,
2. roční spotřeba primární energie,
3. roční potenciál globálního oteplování (GWP),
4. roční potenciál acidifikace prostředí (AP),
5. roční potenciál eutrofizace (EP),
6. roční potenciál tvorby přízemního ozonu (POCP),
7. roční potenciál ničení ozonové vrstvy (ODP).

Každé vyhodnocení obsahuje parametry referenčního objektu.

Každé vyhodnocení obsahuje parametry jmenovité úspory.

Každé vyhodnocení obsahuje parametr ERF – faktor znovuvyužití energie.

5.2.3.1. Pro navržený objekt

Obsahuje celkové ekologické ukazatele návrhového objektu. Tyto ukazatele jsou porovnány se jmenovitou úsporou a z nich je vypočtena úspora procentuální pro návrhovou budovu. Jedná se o metodiku, kde teplo z DC je uvažováno jako primární zdroj tepla daného objektu.

Nakonec je udána vážená ekologická úspora, vypočtena dle SBToolCZ.

5.2.3.2. Porovnání s referenčním objektem

Tato varianta porovnává úsporu pouze s referenčním objektem. Obsahuje celkové ekologické ukazatele záložního zdroje. Jedná se tedy o metodiku, ve které se uvažuje teplo z DC jako odpaní, nikoliv jako primární zdroj tepla daného objektu. Je vhodná pro developera či investora stavebního objektu.

5.2.3.3. Porovnání s návrhovým datovým centrem

Tato varianta porovnává úsporu pouze s návrhovým DC. Obsahuje celkové ekologické ukazatele DC. Je vhodná pro provozovatele či investora DC.

5.3 Ukázka výpočetního nástroje

5.3.1 Vstupní hodnoty pro objekt Park Hloubětín

Vstupní hodnoty			
Parametry pro výpočet			
Tepelné ztráty objektu	5229	W.K ⁻¹	
Počet osob v objektu	334	osob	
Požadovaná teplota v interiéru	20	°C	
Teplotní spád otopné soustavy	45	35	°C
Zadání oken	Detailní	Vyplňte tabulku oken na listu Vstupní hodnoty okna	
Varianta vyhodnocení	Bivalentní bod		
Instalovaný výkon DC	260	kW	
Bivalentní bod vytápění	6	°C	
Typ objektu	Bytový dům		
Parametry pro vyhodnocení			
účinnost odvodu tepla ze serveru	76%		
Výpočetní využití serverů	60%		
Cena za 1kW IT vybavení	250 000 Kč		
Cena za 1MWh elektrické energie	2 200 Kč		
Typ alternativního energonositele	Dálkové vytápění		
Cena za 1MWh alternativního energonositele	1 800 Kč		
Výpočetní hustota (kW/racková skřín)	12	kW/RS	
Ergonositel záložního zdroje	Plyn		
diskontní sazba	15%		

5.3.2 Výstupní parametry datového centra

Parametry datového centra a využití tepla	
Parametry zadaného objektu	
Poměr potřeb tepla v objektu	
Roční potřeba tepla na vytápění	412 MWh 1480 GJ
Roční potřeba tepla na přípravu TV	383 MWh 1376 GJ
Požadované výkony zdroje a velikost zásobníků	
Jmenovitý výkon pro přípravu TV	44 kW
Jmenovitý výkon pro vytápění	184 kW
Objem zásobníku TV	3880 l
Min. objem zásobníků	5880 l
Parametry Datového centra	
Potřebné a užité výkony DC	
Cena instalovaného IT	64 066 000 Kč
Instalovaný výkon IT	257 kW
Aktivní výkon IT	154 kW
Využitelné teplo z IT	117 kW
Produkce tepla v DC	
Celková produkce tepla IT v DC za rok	1348 MWh 4852 GJ
Využité teplo z IT v DC za rok	709 MWh 2550 GJ
Nevyužité teplo DC za rok - z návrhu	317 MWh 1139 GJ
Technicky nevyužitelné teplo z DC za rok	324 MWh 1165 GJ
Ostatní parametry	
Počet rackových skříní	22
Plocha datových sálů	66 m ²
Minimální plocha DC	132 m ²
Doporučená plocha DC	165 m ²
Parametry nakládání s teplem	
Teplo z DC využitá na vytápění objektu za rok	326 MWh 1174 GJ
Teplo z DC využitá na přípravu TV za rok	383 MWh 1376 GJ
Nevyužitá teplo DC za rok	317 MWh 1139 GJ
Teplo zajištěné záložním zdrojem za rok	86 MWh 309 GJ
ERF (Faktor znovuvyužití energie)	52,5%

Potřeba tepla v objektu

Roční potřeba tepla na vytápění	412 MWh (52%)
Roční potřeba tepla na přípravu TV	383 MWh (48%)

Rozložení celkového tepla z DC

Využité teplo z IT v DC za rok	708 MWh (53%)
Nevyužité teplo DC za rok - z návrhu	316 MWh (23%)
Technicky nevyužitelné teplo z DC za rok	323 MWh (24%)

Nakládání s teplem

Teplo z DC využitá na vytápění objektu	326 MWh (29%)
Teplo z DC využitá na přípravu TV	382 MWh (34%)
Nevyužitá teplo DC	316 MWh (29%)
Teplo zajištěné záložním zdrojem	86 MWh (8%)

* metodika výpočtu je popsána v Diplomové práci 5.5

5.3.3 Ekonomické vyhodnocení

Ekonomické vyhodnocení			
Referenční objekt			
Roční náklady na energii ref. objektu	1 428 900 Kč		
Navržený objekt			
Úspora dosažená pouze znovuvyužitím odpadního tepla			
Vícenáklady na instalaci vodního chlazení	1 838 000 Kč		
Uspořené finance na teple objektu za rok	1 259 200 Kč	Diskontovaná doba návratnosti	1,8 let
Roční náklady na energii	3 134 800 Kč	% úspora vůči nákladům DC + záložního zdroje	40,2%
Roční náklady na el. energii na provoz DC	2 965 100 Kč	% úspora vůči nákladům DC	42,5%
Roční náklady na provoz záložního zdroje	169 800 Kč	% úspora vůči referenční budově	88,1%
Vstupní náklady na IT vybavení	64 066 000 Kč	Úspora financí ku vstupní investici na IT	2,0%
Ostatní parametry užitečné pro předběžný návrh a volbu technologie chlazení			
Navržené DC		Běžné DC (vzduchem chlazené)	
Výkon suchého chladiče	215 kW	Výkon suchého chladiče	0 kW
Výkon kompresorového chlazení	74 kW	Výkon kompresorového chlazení	260 kW
Roční spotřeba el. energie chladiče a chlazení	112 MWh	Roční spotřeba el. energie chlazení	225 MWh
Dopravní množství čerpadel (max)	11,2 m ³ /h	Dopravní množství čerpadel (max)	0 kW
Instalovaný výkon čerpadel	1,33 kW	Výkon čerpadel	0 kW
Roční spotřeba el. energie čerpadel	10,7 MWh	Roční spotřeba el. energie čerpadel	0 MWh
Dopravní množství ventilátorů (max)	20492 m ³ /h	Dopravní množství ventilátorů (max)	85381 m ³ /h
Instalovaný výkon ventilátorů (1000 Ws/m ³)	5,7 kW	Instalovaný výkon ventilátorů (1000 Ws/m ³)	23,8 kW
Roční spotřeba el. Energie ventilátorů	30 MWh	Roční spotřeba el. Energie ventilátorů	124,7 MWh
Roční náklady na provoz chlazení DC	334 274 Kč	Roční náklady na provoz chlazení DC	768 111 Kč
Úspora při zavedení vodního chlazení	433 837 Kč	Diskontovaná doba návratnosti	7,3 let
celková usora (objekt + DC)	1 693 037 Kč	Diskontovaná doba návratnosti	1,3 let
* metodika výpočtu je popsána v Diplomové práci 5.5			

5.3.4 Ekologické vyhodnocení – celý objekt

Ekologické vyhodnocení pro návrhový objekt (bytový dům + datové centrum)			
Referenční objekt			
Spotřeba energie za rok	2858 GJ		
Spotřeba primární energie za rok (PEI)	2858 GJ	Potenciál eutrofizace prostředí za rok (EP)	27,1 kg PO ₄ ,ekv
Potenciál globálního oteplování za rok (GWP)	195471 kg CO ₂ ,ekv	Potenciál tvorby přízemního ozonu (POCP)	16,3 kg C SO ₂ H SO ₄ ,ekv
Potenciál acidifikace prostředí za rok (AP)	212,7 kg SO ₂ ,ekv	Potenciál ničení ozonové vrstvy (ODP)	0,00223 kg CFC-11 SO,ekv
Navržený objekt			
Spotřeba energie za rok	5161 GJ		
Spotřeba primární energie za rok (PEI)	14896 GJ	Potenciál eutrofizace prostředí za rok (EP)	5248 kg PO ₄ ,ekv
Potenciál globálního oteplování za rok (GWP)	1045849 kg CO ₂ ,ekv	Úspora pot. tvorby přízem. ozonu (POCP)	102,6 kg C SO ₂ H SO ₄ ,ekv
Potenciál acidifikace prostředí za rok (AP)	2910 kg SO ₂ ,ekv	Potenciál ničení ozonové vrstvy (ODP)	0,0242 kg CFC-11 SO,ekv
Úspora			
Jmenovitá			
Úspora energie za rok	2550 GJ		
Úspora primární energie za rok (PEI)	2519 GJ	Úspora pot. eutrofizace prostředí za rok (EP)	23,7 kg PO ₄ ,ekv
Úspora pot. globálního oteplování za rok (GWP)	173378 kg CO ₂ ,ekv	Úspora pot. tvorby přízem. ozonu (POCP)	14,4 kg C SO ₂ H SO ₄ ,ekv
Úspora pot. acidifikace prostředí za rok (AP)	195,1 kg SO ₂ ,ekv	Úspora pot. ničení ozonové vrstvy (ODP)	0,002 kg CFC-11 SO,ekv
Procentuální			
Úspora energie za rok	49,4%		
Úspora primární energie za rok (PEI)	16,9%	Úspora pot. eutrofizace prostředí za rok (EP)	0,4%
Úspora pot. globálního oteplování za rok (GWP)	16,6%	Úspora pot. tvorby přízem. ozonu (POCP)	14,0%
Úspora pot. acidifikace prostředí za rok (AP)	6,7%	Úspora pot. ničení ozonové vrstvy (ODP)	8,2%
Celkové parametry úspory			
Vážená ekologická úspora		13,2%	
Faktor znovuvyužití energie (ERF)		52,5%	
* metodika výpočtu je popsána v Diplomové práci 5.5			

5.3.5 Ekologické vyhodnocení – referenční budova

Ekologické vyhodnocení porovnání s referenční budovou			
Referenční objekt			
Spotřeba energie za rok	2858 GJ		
Spotřeba primární energie za rok (PEI)	2858 GJ	Potenciál eutrofizace prostředí za rok (EP)	27,1 kg PO ₄ ,ekv
Potenciál globálního oteplování za rok (GWP)	195471 kg CO ₂ ,ekv	Potenciál tvorby přízemního ozonu (POCP)	16,3 kg C SO ₂ H SO ₄ ,ekv
Potenciál acidifikace prostředí za rok (AP)	212,7 kg SO ₂ ,ekv	Potenciál ničení ozonové vrstvy (ODP)	0,00223 kg CFC-11 SO,ekv
Záložní zdroj objektu			
Spotřeba energie za rok	309 GJ		
Spotřeba primární energie za rok (PEI)	340 GJ	Potenciál eutrofizace prostředí za rok (EP)	3,5 kg PO ₄ ,ekv
Potenciál globálního oteplování za rok (GWP)	22094 kg CO ₂ ,ekv	Úspora pot. tvorby přízem. ozonu (POCP)	1,95 kg C SO ₂ H SO ₄ ,ekv
Potenciál acidifikace prostředí za rok (AP)	17,6 kg SO ₂ ,ekv	Potenciál ničení ozonové vrstvy (ODP)	0,00024 kg CFC-11 SO,ekv
Úspora			
Jmenovitá			
Úspora energie za rok	2550 GJ		
Úspora primární energie za rok (PEI)	2519 GJ	Úspora pot. eutrofizace prostředí za rok (EP)	23,7 kg PO ₄ ,ekv
Úspora pot. globálního oteplování za rok (GWP)	173378 kg CO ₂ ,ekv	Úspora pot. tvorby přízem. ozonu (POCP)	14,4 kg C SO ₂ H SO ₄ ,ekv
Úspora pot. acidifikace prostředí za rok (AP)	195,1 kg SO ₂ ,ekv	Úspora pot. ničení ozonové vrstvy (ODP)	0,002 kg CFC-11 SO,ekv
Procentuální			
Úspora energie za rok	89,2%		
Úspora primární energie za rok (PEI)	88,1%	Úspora pot. eutrofizace prostředí za rok (EP)	87,4%
Úspora pot. globálního oteplování za rok (GWP)	88,7%	Úspora pot. tvorby přízem. ozonu (POCP)	88,0%
Úspora pot. acidifikace prostředí za rok (AP)	91,7%	Úspora pot. ničení ozonové vrstvy (ODP)	89,7%
Celkové parametry úspory			
Vážená ekologická úspora		88,4%	
Faktor znovuvyužití energie (ERF)		52,5%	
* metodika výpočtu je popsána v Diplomové práci 5.5			

5.3.6 Ekologické vyhodnocení – datové centrum

Ekologické vyhodnocení pro návrhové datové centrum			
Referenční objekt			
Spotřeba energie za rok	2858 GJ		
Spotřeba primární energie za rok (PEI)	2858 GJ	Potenciál eutrofizace prostředí za rok (EP)	27,1 kg PO ₄ ,ekv
Potenciál globálního oteplování za rok (GWP)	195471 kg CO ₂ ,ekv	Potenciál tvorby přízemního ozonu (POCP)	16,3 kg C SO ₂ H SO ₄ ,ekv
Potenciál acidifikace prostředí za rok (AP)	212,7 kg SO ₂ ,ekv	Potenciál ničení ozonové vrstvy (ODP)	0,00223 kg CFC-11 SO,ekv
Navržené datové centrum			
Spotřeba energie za rok	4852 GJ		
Spotřeba primární energie za rok (PEI)	14556 GJ	Potenciál eutrofizace prostředí za rok (EP)	5245 kg PO ₄ ,ekv
Potenciál globálního oteplování za rok (GWP)	1023756 kg CO ₂ ,ekv	Úspora pot. tvorby přízem. ozonu (POCP)	100,7 kg C SO ₂ H SO ₄ ,ekv
Potenciál acidifikace prostředí za rok (AP)	2893 kg SO ₂ ,ekv	Potenciál ničení ozonové vrstvy (ODP)	0,02397 kg CFC-11 SO,ekv
Úspora			
Jmenovitá			
Úspora energie za rok	2550 GJ		
Úspora primární energie za rok (PEI)	2519 GJ	Úspora pot. eutrofizace prostředí za rok (EP)	23,7 kg PO ₄ ,ekv
Úspora pot. globálního oteplování za rok (GWP)	173378 kg CO ₂ ,ekv	Úspora pot. tvorby přízem. ozonu (POCP)	14,4 kg C SO ₂ H SO ₄ ,ekv
Úspora pot. acidifikace prostředí za rok (AP)	196 kg SO ₂ ,ekv	Úspora pot. ničení ozonové vrstvy (ODP)	0,002 kg CFC-11 SO,ekv
Procentuální			
Úspora energie za rok	52,5%		
Úspora primární energie za rok (PEI)	17,3%	Úspora pot. eutrofizace prostředí za rok (EP)	0,4%
Úspora pot. globálního oteplování za rok (GWP)	16,9%	Úspora pot. tvorby přízem. ozonu (POCP)	0,5%
Úspora pot. acidifikace prostředí za rok (AP)	6,7%	Úspora pot. ničení ozonové vrstvy (ODP)	8,3%
Celkové parametry úspory			
Vážená ekologická úspora		13,5%	
Faktor znovuvyužití energie (ERF)		52,5%	
* metodika výpočtu je popsána v Diplomové práci 5.5			

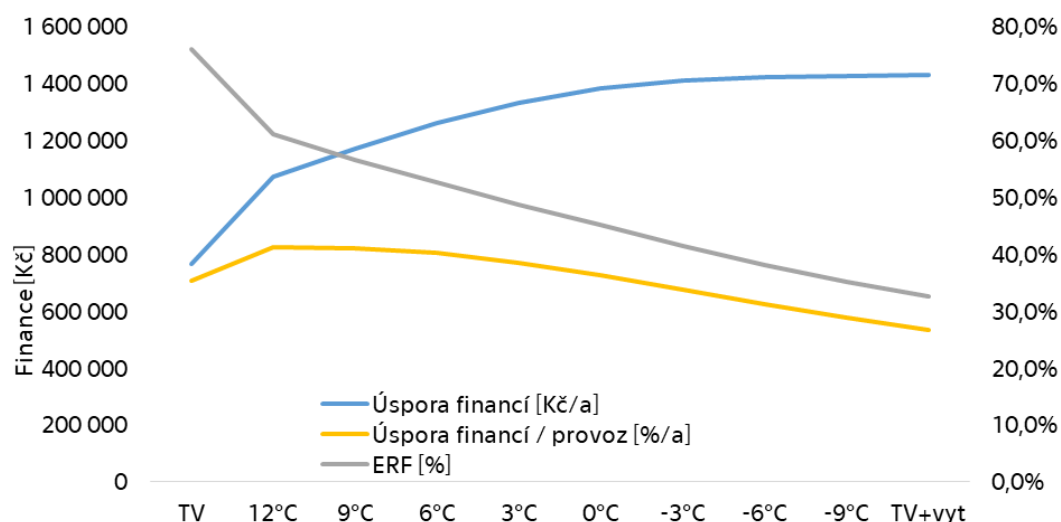
5.4 Návrh DC v bytovém domě Park Hloubětín

Výpočetní software byl využit pro návrh datového centra v bytovém domě Park Hloubětín. Vstupní parametry jsou uvedeny výše v kapitole 5.3.1. Tepelná ztráta, počet osob a parametry vnějších výplní byly převzaty z projektové dokumentace, která obsahovala stavební část, projekt VZT a ÚT a energetický odborný posudek.

Návrh byl proveden pomocí metody bivalentního bodu (BV). Jako optimální byla volena velikost DC pro pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody a vytápění do 6°C, která odpovídá 256 kW instalovaného výkonu (zvýrazněna tučně v Tabulce 9 a Tabulce 10).

Tabulka 9: Vyhodnocení variant DC Park Hloubětín

Velikost datového centra					Ekonomické vyhodnocení Vůči návrhovému objektu			
Pokrytí	Využitelné [kW]	Aktivní [kW]	Instalované [kW]	ERF [%]	Úspora financí [Kč.a ⁻¹]	Úspora financí / provoz [%.a ⁻¹]	Vstupní náklady na IT DC [mil. Kč]	Úspora financí / investice IT [%.a ⁻¹]
TV	44	57	96	76,0 %	765 942	35,4 %	23,931	3,2 %
12 °C	85	112	187	61,1 %	1 071 227	41,2 %	46,865	2,3 %
9 °C	101	133	222	56,6 %	1 169 339	41,1 %	55,465	2,1 %
6 °C	117	154	256	52,5 %	1 259 169	40,2 %	64,066	2,0 %
3 °C	133	174	291	48,7 %	1 331 881	38,5 %	72,666	1,8 %
0 °C	148	195	325	45,1 %	1 382 409	36,3 %	81,266	1,7 %
-3 °C	164	216	359	41,5 %	1 409 594	33,8 %	89,867	1,6 %
-6 °C	180	236	394	38,2 %	1 421 678	31,2 %	98,467	1,4 %
-9 °C	195	257	428	35,2 %	1 426 651	28,8 %	107,067	1,3 %
TV + vyt	211	278	463	32,6 %	1 428 090	26,7 %	115,668	1,2 %

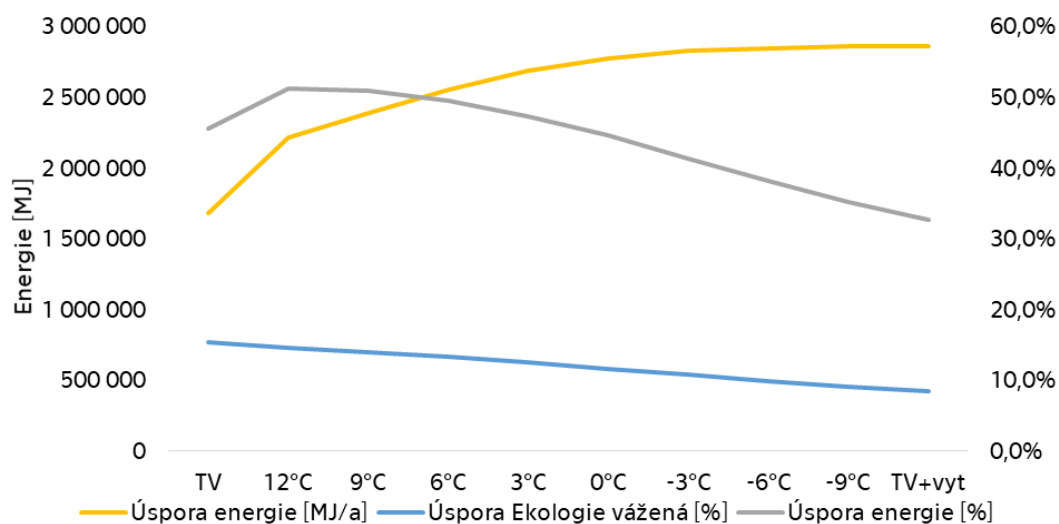


Obrázek 28: Graf ekonomického vyhodnocení variant Park Hloubětín.

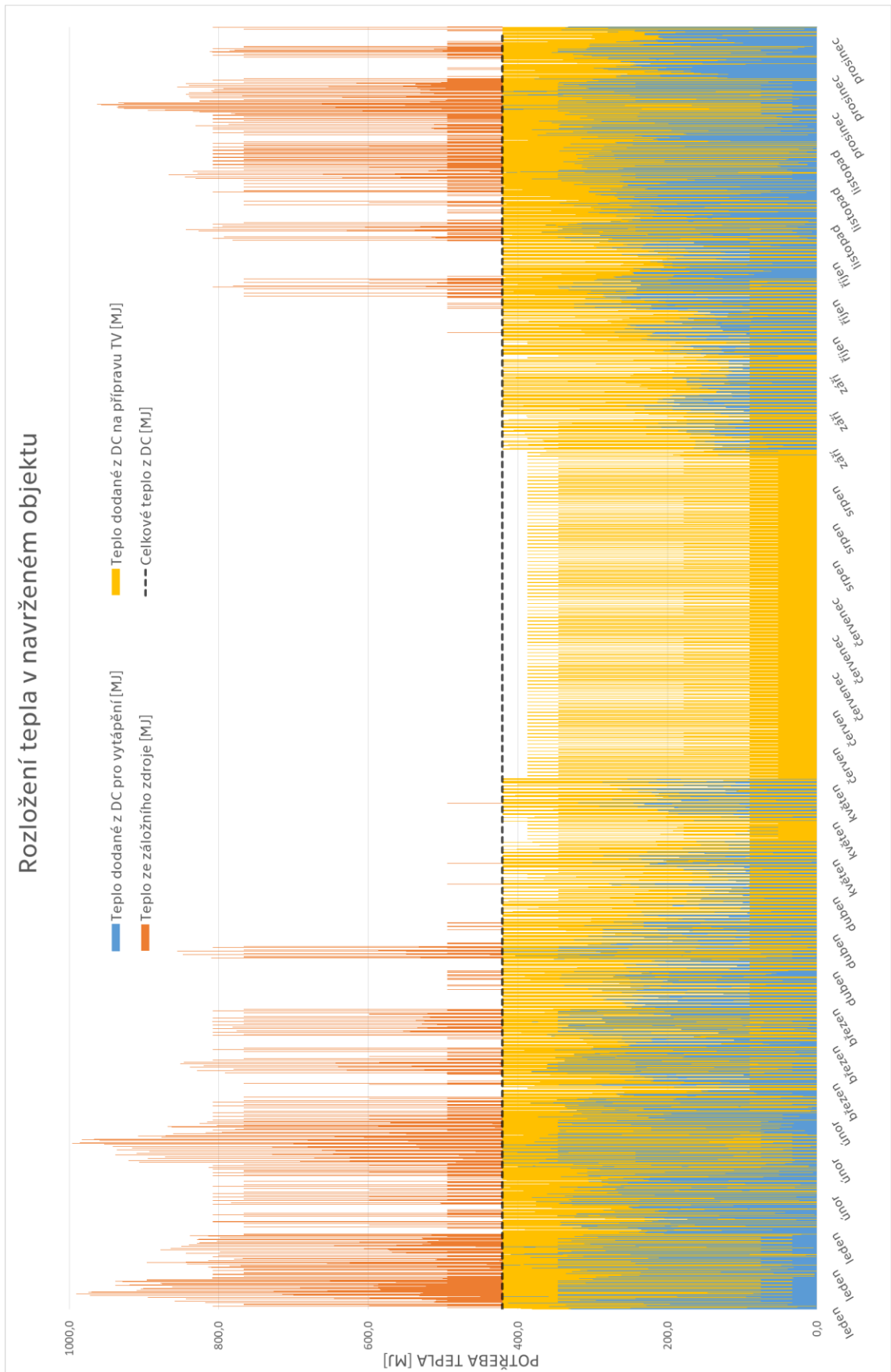
Celková úspora finanční i ekologická začíná stagnovat u BV 0 °C. Naopak procentuálně nejvýhodnější je návrh BV 12 °C. Volba velikosti DC tedy byla kompromisem mezi těmito dvěma ukazateli. Efektivita využití odpadního tepla u DC větší velikosti neúměrně klesá. Zároveň DC menší, ač účinnější v recyklaci tepla, je výpočetně příliš malé. Posledním faktorem je možnost navýšit či naopak neinstalovat všechen projektovaný hardware a stále se pohybovat v rozmezí s možnou recyklací tepla.

Tabulka 10: Vyhodnocení variant DC Park Hloubětín (pokračování)

Pokrytí	Úspora primární neobnovitelné energie [MJ.a ⁻¹]	Úspora primární neobnovitelné energie [%]	Úspora ekologická vážená dle SBTToolCZ [%]	Úspora energie [MJ.a ⁻¹]	Úspora energie [%]
TV	1 531 883	18,5 %	15,3 %	1 679 892	45,5 %
12 °C	2 142 455	18,4 %	14,6 %	2 212 585	51,2 %
9 °C	2 338 679	17,7 %	13,9 %	2 387 101	50,8 %
6 °C	2 518 337	16,9 %	13,2 %	2 549 194	49,4 %
3 °C	2 663 763	16,0 %	12,4 %	2 681 233	47,2 %
0 °C	2 764 819	14,9 %	11,6 %	2 773 080	44,5 %
-3 °C	2 819 189	13,8 %	10,7 %	2 822 530	41,3 %
-6 °C	2 843 355	12,7 %	9,9 %	2 844 521	38,1 %
-9 °C	2 853 302	11,7 %	9,1 %	2 853 563	35,2 %
TV + vyt	2 856 179	10,9 %	8,4 %	2 856 179	32,6 %



Obrázek 29: Graf ekologického vyhodnocení variant Park Hloubětín.



Obrázek 30: Rozložení tepla v navrženém objektu.

5.5 Metodika výpočtu

5.5.1 Tepelně technické výpočty

Program pracuje s hodinovými daty, získanými ze stránky energyplus.net. Většina tepelně technických výpočtu je provedena na záložce Výpočty.

5.5.1.1. Potřeba tepla na vytápění

Celková tepelná ztráta objektu je vypočtena jako rozdíl požadované teploty v interiéru a aktuální venkovní teploty vynásobené tepelnou ztrátou na Kelvin. Potřeba tepla na vytápění je hodnota tepelné ztráty snížena o solární zisky. Otopné období nezahrnuje měsíce Červen, Červenec a Srpen.

5.5.1.2. Potřeba tepla na přípravu teplé vody

Výpočet potřeby teplé vody je proveden na záložce Potřeba TV. Postupováno je dle ČSN EN 15316-3 [11]. Potřeba teplé vody na osobu je uvažována 40 l. Výstupní teplota teplé vody 55 °C a vstupní teplota studené vody 10 °C.

Spotřeba vody je uvažováno konstantní během roku. Denní křivka odběru je popsána v ČSN EN 15316-3 i v příloženém Excelu. Je uvažováno s cirkulací teplé vody v objektu. Ztráty tepla na rozvodech jsou uvažovány zjednodušeně 50 % z denní potřeby tepla.

Program vypočte požadovaný výkon zdroje pro kontinuální dodávku a požadovanou velikost zásobníku. Velikost zásobníku je navýšena pro umožnění nekontinuální dodávky tepla do zásobníku a efektivnější nakládání s energiemi.

5.5.1.3. Souhrnné výpočty

Výpočet předpokládá využití pokročilé regulace v návrhovém objektu. Při využívání zásoby tepla ze zásobníků zohledňuje předpokládané spotřeby TV dle ČSN EN 15316-3 [11] a venkovní podmínky. Tímto dochází ke snížení spotřebovaného tepla ze záložního zdroje a zvýšení celkových úspor. Konkrétní vzorce je možné dohledat v příloženém Excelu na kartě Výpočty včetně textového popisu (řádek 8 763).

5.5.1.4. Solární zisky

Při výběru zjednodušené varianty jsou solární zisky uvažovány konstantní během roku. Velikost zjednodušených solárních zisků je uvažována proměnná během dne jako % z největší tepelné ztráty objektu (nejvýše 5 %). Tato hodnota je volena záměrně nízká, aby byla na straně bezpečnosti.

Při výběru detailní varianty a zadání parametrů oken do záložky Vstupní hodnoty okna jsou solární zisky vypočteny na základě hodinových dat přímého záření G_{bn} , difuzního záření G_d a celkového horizontálního záření G_h . Výpočet je proveden kombinací vzorců ze skript [3][7] a ČSN [12].

Výpočty je možné dohledat v záložkách okna hodnoty a okna výpočet.

$$h_s = \sin^{-1}(\sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau) \quad (25)$$

$$A_s = \cos^{-1} \cdot \left(\frac{\tan \phi}{\cos h_0} \cdot \left(\sin h_0 - \frac{\sin \delta}{\sin \phi} \right) \right) \quad (26)$$

kde: h_s = výška kulminace Slunce [°]
 ϕ = zeměpisná šířka = 50°
 δ = solární deklinace [°] = 23,45 · (0,98 · den + 29,7 · měsíc – 109)
 τ = hodinový úhel [°] = 15 · (pravý sluneční čas – 12)
 A_s = Azimut Slunce [°]

Z polohy slunce a oken jsou vypočteny směrové vektory ve směru východ-západ (V_{S1}, V_{O1}), jih-sever (V_{S2}, V_{O2}) a odklon od horizontální roviny (V_{S3}, V_{O3}). Vektory jsou užity pro výpočet úhlu θ , trojrozměrného úhlu mezi normálou okna a směrovým vektorem slunečních paprsků.

$$\theta = \frac{V_S \cdot V_O}{|V_S| \cdot |V_O|} = \frac{V_{S1} \cdot V_{O1} + V_{S2} \cdot V_{O2} + V_{S3} \cdot V_{O3}}{\sqrt{(V_{S1}^2 \cdot V_{S2}^2 \cdot V_{S3}^2) \cdot (V_{O1}^2 \cdot V_{O2}^2 \cdot V_{O3}^2)}} \quad (27)$$

Tento úhel je podstatný pro výpočet hustoty tepelného toku etalonem zasklení.

$$\dot{q}_{rad,et} = \left[0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\theta}{100} \right)^5 \right] \cdot G_{bn} \cdot \cos \theta + 0,85 \cdot G_d \quad (28)$$

$$G_d = G_{dh} \cdot \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + \rho_g \cdot G_h \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (29)$$

kde: G_{bn} = přímé sluneční záření [$W \cdot m^{-2}$]
 G_d = celkové difúzní ozáření [$W \cdot m^{-2}$]
 G_{dh} = difúzní sluneční ozáření [$W \cdot m^{-2}$]
 G_h = globální ozáření vodorovné plochy [$W \cdot m^{-2}$]
 ρ_g = albedo (součinitel odrazivosti zemského povrchu) [–]
 β = sklon od vodorovné roviny [°]

Výsledný tepelný tok okny je vypočten velikostí okna a stínícími součiniteli, které je nutné zadat jako vstupní hodnoty.

$$\dot{Q}_{rad} = (S_O \cdot \dot{q}_{rad,et}) \cdot \sum s \quad (30)$$

$$\sum s = F_S \cdot F_F \cdot F_C \cdot g \quad (31)$$

kde:	S_0	= plocha okna [m^2]
	s	= výsledný stínící součinitel [–]
	F_S	= korekční činitel stínění [–]
	F_F	= korekční činitel rámu [–]
	F_C	= korekční činitel clonění [–]
	g	= celková propustnost slunečního záření zasklením [°]

5.5.2 Vyhodnocení

Většina výpočtů pro závěrečné výsledky je provedena na záložce Vyhodnocení.

Jsou zde emisní a konverzní faktory jednotlivých energonositelů a váhy jednotlivých environmentálních kritérií. Váhy byly převzaty z metodiky dle SBToolCZ [5][6].

Pro vyhodnocení byly vypočteny parametry hodnocených kritérií pro referenční a návrhovou budovu. U návrhové budovy je možné sledovat výsledky celého objektu, samotného bytového domu nebo samotného datového centra. Dále je odpadní teplo rozděleno na teplo využitě k vytápění, přípravě teplé vody a teplo nevyužitě. Posledním údajem je teplo ze záložního zdroje objektu.

5.5.2.1 Úspora

Zavedením nového provozu se energetická náročnost objektu zvýší. Obzvláště u provozu datového centra, které je energeticky vysoce náročné. Z toho důvodu dojde oproti referenční budově k nárůstu všech sledovaných kritérií.

Teplo u datových center je odpadní surovinou, která se dnes, ani u DC vyšších standardů, běžně nerecykluje. Metodika výpočtu úspory vychází z faktu, že návrhové DC není primárně zdrojem tepla pro objekt, ale vlastní podnikatelský subjekt.

Úspora je vypočtena jako:

$$\text{Úspora}_{H.P.} = H.P._{REF} - H.P._{Z.Z.} \quad (32)$$

kde:	$H.P._{REF}$	= Hodnocený parametr referenčního objektu
	$H.P._{Z.Z.}$	= Hodnocený parametr záložního zdroje návrhového objektu

Pro zjištění procentuálních hodnot úspor je celková úspora podělena relevantní vstupní hodnotou a to pro návrhový objekt, datové centrum či referenční budovu.

5.5.2.2 Investiční vícenáklady

Vícenáklady na instalaci vodního chlazení s možností zpětného získávání odpadního tepla je vyčíslena jako cena potřebná nad hodnotu běžného (vzduchem chlazeného) datového centra. Konkrétní hodnoty jsou v kapitole 6.1.2 na straně 62.

6 Ekonomická rozvaha

6.1 Vstupní investice

6.1.1 Investice na IT vybavení

Pro výběr hardware je nejdůležitější poměr mezi výpočetním výkonem a tepelným výkonem. Na rozdíl od běžných datových center je ztrátové teplo žádané. Pro určení tepelného výkonu se využívá jednotka TDP (viz 2.3.1).

Při rozhovoru s vedoucím DC Kokura bylo doporučeno počítat s hodnotou 250 000 Kč na jeden kW instalovaného výkonu [17]. Pro srovnání byly voleny dvě varianty hardware a jejich maloprodejní cena. Rozdíl bude pravděpodobně způsoben velkoprodejní cenou a optimalizací výběru hardware.

Cenu za IT je možné ve výpočetním programu nastavit.

6.1.1.1. Vysoce výkonná varianta

Varianta obsahující nejnovější a nejvýkonnější procesory od AMD zvané EPYC. Tato varianta je ideální pro HPC.

Tabulka 11: Vysoce výkonná varianta IT vybavení

Komponenta	Název komponenty	Cena [Kč]	TDP [W]
rack server*	Dell PowerEdge R7425	175 000	40
procesor	2*Processor AMD EPYC 7351	-	2*180
ram	8*16GB 2666MT/s	-	40
SSD	960GB SSD SATA 6Gbps	-	10
HDD	8TB 7200rpm 12Gbps	-	10
OS	Windows 2016 server	-	-

* Rack server obsahuje všechny níže popsané komponenty od výrobce Dell.

Celkové TDP činí 460 W. Reálně využitelných je 400 W. Cena na jeden kW instalovaného výkonu je 380 000 Kč.

6.1.1.2. Středně výkonná varianta

Varianta obsahující Procesory Intel Xeon E5-2620v4. Jeden Rack server se dvěma procesory, 64gb operační paměti, 400GB SSD a 1,2TB HDD. Tato varianta je ideální pro dedikované a cloudové servery.

Tabulka 12: Středně výkonná varianta IT vybavení

Komponenta	Název komponenty	Cena [Kč]	TDP [W]
rack server*	HPE ProLiant DL160 G9	35 000	85+40
procesor	Intel Xeon E5-2620v4	8 750	85
ram	Kingston 4*8GB DDR4 2400MHz	17 500	20
SSD	Dell server disk 2*200GB 400-AJSM	11 000	10
HDD	HPE 2.5" 1.2TB SAS 10000rpm.	9 000	10

switch	Zyxel GS1900-48	5 500	-
OS	Windows 2016 server	12 500	-
Celkem		89 250	250

* rack server obsahuje jeden procesor Intel Xeon E5-2620v4, 8GB ram, zdroj.

Celkové TDP činí 250W. Z toho je reálně využitelných 190W. Cena na jeden kW instalovaného výkonu je 357 000 Kč.

Z výše přiložených dat je viditelné, že nejlepšího poměru cena/tepelný výkon se dosáhne při využití vysoce výkonného hardwaru.

6.1.2 Zvětšení nákladu oproti klasickému DC

Na rozdíl od běžného datového centra chlazené vzduchem je potřeba uvažovat zvýšení nákladu na instalaci druhé technologie chlazení. Zvýšení nákladů je vypočítáno pro technologie, které musí být nainstalováno nad rámec běžného, vzduchem chlazeného datového centra a otopné soustavy referenčního objektu.

6.1.2.1 Racková skříň

Na základě návrhu rackové skříně viz 4.2.2 jsou v Tabulce13 vyčísleny jednotlivé položky nad běžnou cenu RS.

Tabulka 13: Vícenáklady za rackovou skříň s vodním chlazením.

Položka	Název produktu	Cena [Kč]
Čerpadlo	Wilo Yonos PICO-STG 15/1-13 180	5 700
Expanzní nádoba	Regulus HW002	580
Pojistný ventil	Meibes	420
Rozvodné potrubí		700
Tepelná izolace		200
Chladiče komponent		16 800
výměník	SWEP B15Tx57	4 000
Regulační ventil		6 000
Suma		34 400
Rezerva + Práce		40 %
Výsledný vícenáklad		48 160

6.1.2.2. Datový sál

Na základě návrhu odvodu tepla z datového sálu viz 4.2.3 jsou v Tabulce 14 vyčísleny jednotlivé položky nad běžnou cenu DS.

Tabulka 14: Vícenáklady na datový sál.

Položka	Název produktu	Cena [Kč]	Měrná cena [Kč.kW ⁻¹]
Čerpadlo	2 x Wilo Stratos MAXO 50/0,5-16 PN6/10	2 x 80 250	385
Expanzní nádoba	2 x Regulus HW025	2 x 2 200	25
Rozvodné potrubí		45 000	*
Tepelná izolace		21 000	*
Výměník	3 x SWEP B28x73	3 x 15 000	230
Regulační armatury		120 000	460
Kanalizace		25 000	95
Suchý chladič	Güntner GFHV WD 100.20F/22A-62	330 000	700
Suma		766 000	1 895 *
Rezerva		20 %	20 %
Práce + projekt		50%	50%
Výsledný vícenáklad		1 287 000	3 222*

* Cena za metr běžný potrubí je odhadnuta na 300 Kč. Cena za metr běžný tepelné izolace potrubí je odhadnuta na 140 Kč. Celková délka potrubí v objektu Park Hloubětín je 150m. Pro výpočet měrné ceny je uvažována délka v návrhovém objektu 100 m + 2 x počet RS. V souvislosti s chlazením většiny tepla v suchém chladiči dojde k snížení velikosti instalovaného kompresorového chlazení. Tento fakt není ve vícenákladech zohledněn a výpočet je na straně bezpečnosti.

Navržené datové centrum v komplexu Park Hloubětín by stálo o 2 587 300 Kč více než běžné, vzduchem chlazené, DC.

Diskontovaná doba návratnosti vypočtené na úspoře na tepla na vytápění objektu a snížení provozních nákladů DC je 1,9 let.

6.2 Provoz

6.2.1 Provozní náklady

Cena plynu a elektřiny pro provoz byla poptána u firmy E.ON. Na základě emailové komunikace byly voleny ceny 2 200 Kč.MWh⁻¹ elektrické energie a 1 000 Kč.MWh⁻¹ plynu [19]. Emailová komunikace je přiložena v příloze 1. Uvedené ceny odpovídají středně velké spotřebě energie. Cena za dálkové vytápění byla volena 1 800 Kč.MWh⁻¹ na základě cenové mapy pro Prahu. Hodnoty níže odpovídají trhu v Praze. Cena za plyn pro záložní zdroj byla pro malý odběr dle tarifních cen 1 980 Kč.MWh⁻¹.

Praha

1 135 000 obyvatel

Centrální výměňkové stanice	458,90 - 919,90 Kč/GJ
Blokové kotelny	333,50 - 824,50 Kč/GJ
Sekundární rozvody	369,00 - 1 002,90 Kč/GJ
Domovní předávací stanice	467,50 - 1 208,00 Kč/GJ
Domovní kotelny	294,00 - 1 049,00 Kč/GJ
Vážený průměr	650,00 Kč/GJ

Celková dodávka tepla do bytů 9 342 116 GJ

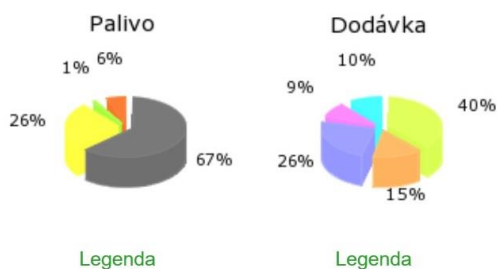
Přibližná část obyvatel zásobovaných dodávaným teplem 69 %

Legenda - Palivo

■ uhlí	■ topný olej
■ zemní plyn	■ ostatní
■ biomasa	

Legenda - Dodávka

■ centrální výměňková stanice	■ domovní předávací stanice
■ blokovaná kotelna	■ domovní kotelna
■ sekundární rozvody	



Obrázek 31: Cena dálkového vytápění v Praze [49].

6.2.2 Provozní tržby

Pro odhad provozních tržeb byl proveden průzkum trhu, jehož výsledky jsou shrnuty v následující tabulce. Pro srovnání jednotlivých poskytovatelů byla vytvořena výpočetní jednotka (compute unit - CU), na kterou byly přepočítány jednotlivé ceny. Výpočetní jednotka odpovídá 1 CPU (fyzické jádro), 4 GB ram a 20-60 GB paměti (většinou SSD). V ceně byl započten operační systém Windows Server, ale žádné další programy ani nadstandardní služby. Ceny odpovídají dedikovaným serverům při předplacení na jeden rok, bez daně. Z Tabulky 15 vyplývá průměrná cena 625 Kč měsíčně na výpočetní jednotku. Jemné nuance jsou většinou důsledkem rozdílného hardware.

Tabulka 15: Ceny pronájmu výpočetního výkonu

Poskytovatel	Cena [Kč.(měsíc.CU) ⁻¹]	Poznámka
Klasická datacentra		
Master [54]	500	
Homeatcloud [59]	625-750	
Forpsi [56]	750	
Azure [55]	1 250 (750)	Cena v závorce odpovídá slevě při pořízení Microsoft balíčku.
Upcloud [57]	675 (200)	Cena v závorce je možná, ale je účtován pohyb dat.
Alibaba [58]	600	
Decentralizovaná datacentra		
Cloud and Heat [50]	-	
Nerdalize [51]	325	
Qarnot [52]	3 750	Využíváno převážně pro grafické úlohy (rendrování, vizualizace). Obsahuje grafické karty.

* Ceny jsou z roku 2018.

Navržené DC obsahuje celkem $\approx 6\,800$ CU. Při průměrné ceně $625 \text{ Kč.měsíc}^{-1}$ na výpočetní jednotku se předpokládané tržby dají zapsat jako:

$$\text{Tržby} = \text{početCU} \cdot \text{cenaCU} \cdot \text{doba} = 6\,800 \cdot 625 \cdot 12 \approx 51\,000\,000 \text{ Kč}$$

6.2.3 Provozní úspora

Jako provozní úspora se dá považovat přebytečné teplo, které se znovu využije pro vytápění/přípravu teplé vody. Z výstupu výpočetního nástroje je finanční hodnota ušetřeného tepla rovna $1\,250\,000 \text{ Kč}$. Při započtení úspory na provozu datového centra (např. ventilátory a mechanické chlazení) je celková úspora zhruba $1\,690\,000 \text{ Kč}$. Z těchto hodnot je možné vyčíst, že úspora na teple může dosahovat nanejvýš 5 % z tržeb datového centra. V řešeném případě je dosaženo 3,3 %.

Je zřejmé, že znovuvyužití tepla není pro datová centra z ekonomické stránky velmi lákavé a to obzvláště v případě, když by byly zahrnuty i tržby ze služeb a softwaru. Na druhou stranu je doba návratnosti krátká a zároveň by bylo dosaženo reklamy na základě ekologického datového centra.

7 Ekologie

Datová centra dnes spotřebují 3 % světové elektrické energie. Tato hodnota bude v budoucnu pravděpodobně téměř konstantní či mírně rostoucí a je zde tedy velký potenciál znovu využít tuto energii. Moderní datová centra, využívající technologii free coolingu, dosahují PUE hodnot 1,1-1,2. Teplo z výpočetní techniky je, kromě několika výjimek, nevyužito a ERE hodnota je rovna PUE hodnotě.

7.1 Navržený objekt

Navržené řešení kombinuje znovuvyužití tepla v bytovém objektu s technologií free coolingu pro chlazení přebytků tepla. Tímto řešením dojde ke snížení PUE i ERE hodnot a k úspornému provozu datového centra. 24 % tepla je chlazeno mechanickým chlazením.

7.1.1 PUE hodnota

Výpočet PUE hodnoty je popsán v kapitole 2.5.1. Celková dodaná energie do datového centra byla vypočtena vzorcem:

$$P_{DC} = (P_{IT} + P_{chl.} + P_{p.t.} + P_{osv.}) \cdot (1/\eta_{UPS}) \quad (33)$$

$$P_{DC} = (4\,852 + 403 + 147 + 90,5) \cdot (1/0,97) = 5\,662 \text{ GJ}$$

kde:

- P_{IT} = roční spotřeba energie na provoz IT [GJ]
- $P_{chl.}$ = roční spotřeba energie na provoz chlazení [GJ]
- $P_{p.t.}$ = roční spotřeba energie na pomocné technologie [GJ]
- $P_{osv.}$ = roční spotřeba energie na osvětlení – využita hodnota LENI pro průmyslový provoz třídy 1 [14] [GJ]
- η_{UPS} = účinnost UPS [-]

$$PUE = \frac{\text{celková dodaná energie do DC}}{\text{energie spotřebovaná IT vybavením}} = \frac{5\,662}{4\,852} = 1,17 \quad (2)$$

Výsledné průměrné PUE vypočtené z ročních hodnot spotřeby návrhového datového centra $\approx 1,17$.

7.1.2 ERE hodnota

Výpočet ERE hodnoty je popsán v kapitole 2.5.2.

$$\begin{aligned} ERE &= \frac{\text{celková dodaná energie do DC} - \text{znovuvyužitá energie}}{\text{energie spotřebovaná IT vybavením}} \\ &= \frac{5\,662 - 2\,550}{4\,852} = 0,64 \end{aligned} \quad (3)$$

Výsledná průměrná ERE hodnota vypočtená z ročních hodnot návrhového datového centra $\approx 0,64$.

7.1.3 ERF hodnota

Výpočet ERF hodnoty je popsán v kapitole 2.5.3. Výpočetní program je schopen hodnotu ERF stanovit přímo.

Výsledná ERF hodnota návrhového datového centra je 52,5 %.

7.2 Faktor neobnovitelné primární energie

Datová centra spotřebovávají výhradně elektrickou energii. V České republice je faktor neobnovitelné primární energie (FnPE) $3,0 \text{ kWh.kWh}^{-1}$. Tato hodnota je nejvyšší v EU. Vzhledem k růstu složek obnovitelných energií v národním energetickém mixu je velmi pravděpodobné, že FnPE bude mít klesající tendenci. Při nižších hodnotách FnPe by nahrazení konvenčních zdrojů tepla datovými centry, dosahovalo ještě lepších ekologických výsledků.

Závěr

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit, zda odpadní teplo z výpočetní techniky je možné využít jako primární zdroj tepla pro budovy a doporučit možnosti technického řešení. Další složkou byl návrh výpočetního nástroje, který by vyhodnotil záměr propojení datového centra a bytové či administrativní budovy. Nakonec byl koncept ověřen na konkrétním bytovém komplexu Park Hloubětín v Praze.

Datová centra byla vyhodnocena jako konstantní, neregulovatelný zdroj nízko-potenciálního tepla. Pro odvod tepla z výpočetní techniky bylo voleno jako optimální přímé vodní chlazení. V této technologii je chladicí látkou voda, která může být využita v budově bez přenosu tepla mezi skupenstvími. Zároveň tato technologie vede k dosažení relativně vysokých výstupních teplot $\approx 65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výstupní teplota je dostatečná pro přímé vytápění a přípravu teplé vody. Vzhledem k nemožné regulaci je vhodný konstantní odběr tepla během roku. Příkladem může být nízkoenergetická novostavba, kde by byla potřeba tepla na přípravu teplé vody srovnatelná s potřebou tepla na vytápění. Pro alternativní využití, jako je absorpční či adsorpční chlazení, tvorba elektřiny pomocí Organického Rankinova či Kalinova cyklu, se jedná většinou o příliš nízkou teplotu, kde provoz není možný nebo s velmi nízkou účinností. Další alternativní využití by bylo napojení na rozvody dálkového vytápění, obzvláště na přehřívání zpětného rozvodu. Většina datových center ovšem pro toto využití nemá dostatečný tepelný výkon. Tato práce se soustředila na přímé využití odpadního tepla. Alternativní využití by bylo zajímavé pro budoucí výzkum.

Vodní chlazení v datových centrech dnes není rozšířené. Hlavními důvody jsou malý trh s produkty, spojené vícenásobné náklady na instalaci druhé technologie chlazení a v neposlední řadě neopodstatněný strach z možné havárie v datovém centru. Nutnost instalace vodního chlazení je jednou z hlavních překážek pro reálné užití tohoto řešení v praxi.

V práci byl navržen systém odvodu tepla z IT komponent pomocí vodního chlazení. Racková skříň a tepelný okruh datového sálu byly kompletně navrženy. V práci bylo zjištěno, že zvýšené náklady na vodní chlazení nejsou pro provozovatele investičně zajímavé. Diskontovaná doba návratnosti by se pohybovala okolo sedmi let. Na druhou stranu, při aktivním využití odpadního tepla by byla návratnost podstatně kratší. Diskontovaná doba návratnosti by se pohybovala okolo dvou let.

Výpočetní nástroj byl navržen pro developera bytové či administrativní budovy nebo provozovatele datového centra. Výstupem nástroje jsou požadavky datového centra (např. velikost), parametry nakládání s teplem, cena, úspora financí a doba návratnosti, ekologické ukazatele, úspora energie a vliv na životní prostředí. Využití by bylo možné ve fázi návrhu a rozhodování o volbě zdroje tepla objektu a jeho následná optimalizace nebo jako propagace dané technologie zpětného získávání tepla.

Ideální způsob zapojení tohoto řešení do reálného provozu by byl koncept spojení developera s provozovatelem tak, aby vytvořili stabilní prostředí pro realizaci. Pro developera by toto spojení bylo zajímavé z hlediska úspory na teple a snížení investičních nákladů na zdroj tepla. Datové centrum by

získalo plochu v lukrativnějších částech města, snížilo by své provozní náklady a zvýšilo tržby prodejem odpadního tepla. Oba subjekty by navíc získaly prestiž díky ekologickému přístupu k životnímu prostředí.

Z ekologického hlediska je toto řešení velmi přínosné. Sloučením obou provozů dojde k celkovému snížení spotřebované energie zhruba o polovinu. Současně spojené objekty vykazují snížení škodlivých ekologických vlivů metodou LCA SBToolCZ o více než 10 %. S budoucím rozvojem obnovitelných zdrojů a snížením faktoru neobnovitelné primární energie elektřiny bude výsledný vliv na Zemi pozitivnější.

Využití odpadního tepla z výpočetní techniky je jedna z nenásilných variant jak redukovat energetickou náročnost datových center, která dnes spotřebuje 3 % elektrické světové energie. Hlavní překážkou je instalace vodního chlazení a propojení dodnes zcela separátních provozů. Při překonání zmíněných překážek by byla tato metoda provozuschopná a rentabilní. Tento příklad integrovaného návrhu budov je jeden ze způsobů, jak přispět k docílení evropských a světových ekologických cílů při současné finanční úspoře.

Literatura

Knihy a skripta

- [1] Doubrava J. a kolektiv. *Regulace ve vytápění*. Společnost pro techniku prostředí. Odborná sekce vytápění, 2007. ISBN 978-80-02-01951-0.
- [2] Bašta J., Kabele K. *Otopné soustavy teplovodní*. Společnost pro techniku prostředí. Odborná sekce vytápění, 2008. ISBN 978-80-02-02064-6.
- [3] Barták M., *Úvod do přenosových jevů pro inteligentní budovy*, 2010
- [4] Incropera F.P. *Fundamentals of heat and mass transfer – 3rd ed.* John Wiley and Sons, INC., 1990. ISBN 9780471304586.
- [5] Vonka M. a kolektiv, 2013. *SbToolCZ pro bytové domy*. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební. ISBN 978-80-01-05125-2
- [6] Vonka M. a kolektiv, 2013. *SbToolCZ pro administrativní budovy*. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební
- [7] Weiglová J. a kolektiv, 2006. *Stavební fyzika 1 – Denní osvětlení a oslunění budov*. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební. ISBN 80-01-03392-9.

Vyhlášky a ČSN

- [8] Vyhláška č. 193/2007 Sb. *kteou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu*. In: Sbírky zákonů č. 62/2007 na straně 2398
- [9] Vyhláška č. 252/2004 Sb. *kteou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*. In: Sbírky zákonů č. 82/2004 na straně 5402.
- [10] ČSN 06 0320 – *Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody, Navrhování a projektování*, ČNI, 2006.
- [11] ČSN EN 15316-3 *Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy*, ČNI 2010.
- [12] ČSN EN ISO 13790 (730317) *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*, ČNI 2009
- [13] ČSN 06 0830 (060830) *Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení*, ČNI 2014
- [14] ČSN EN 13790 (730327) *Energetická náročnost budov – Energetické požadavky na osvětlení*, ČNI 2017
- [15] ČSN EN 62040 (369066) *Zdroje nepřerušovaného napájení (UPS)*, ČNI 2009
- [16] ČSN EN 50600-4-2 (367260) *Informační technologie – Zařízení a infrastruktury datových center - Část 4-2: Účinnost využití energie*, ČNI 2017

Návštěvy a komunikace

- [17] Rozhovor s vedoucím datového centra Kokura, Seznam.cz. Praha 01. 02. 2019.
- [18] Návštěva datového centra TTC Teleport, rozhovor s provozním ředitelem datového centra Sazečská TTC Teleport, s.r.o. Praha 07. 03. 2019

[19] Emailová komunikace s panem Jiřím Vastlem, E.ON. Praha 02. 05. 2019.

Internetové zdroje – odborné články

- [20] Zimmermann S. a kolektiv, 2012 [online] *Aquasar: A hot water cooled data center with direct energy reuse*. Elsevier. dostupné z www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544212003350
- [21] Anders S.G. Andrae, T. Edler, 2015 [online] *On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030*. MDPI. dostupné z <https://www.mdpi.com/2078-1547/6/1/117>. ISSN 2017-1547
- [22] Wahlroos M., Parssinen M. a kolektiv, 2017 [online] *Utilizing data center waste heat in district heating – Impacts on energy efficiency and prospects for low-temperature district heating networks*. Elsevier. dostupné z www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217314548
- [23] Wahlroos M., Parssinen M. a kolektiv, 2017 [online] *Future views on waste heat utilization – Case of data centers in Northern Europe*. Elsevier. Dostupné z <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117314314>
- [24] C.Jiang, L.Bing, 2016 [online] *Energy Proportional Servers: Where Are We in 2016?* dostupné z <https://ieeexplore.ieee.org/document/7980102/>
- [25] Avgerinou M. a kolektiv, 2017 [online] *Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency*. MDPI. dostupné z www.mdpi.com/1996-1073/10/10/1470/pdf
- [26] Ebrahimi K. a kolektiv, 2014 [online] *A review of data center cooling technology, operating conditions and the corresponding low-grade waste heat recovery opportunities*. Elsevier. dostupné z www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113008216
- [27] Haywood A. a kolektiv, 2012 [online] *Thermodynamic feasibility of harvesting data center waste heat to drive an absorption chiller*. Elsevier. dostupné z <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890411003712>
- [28] Neudorfer J. a kolektiv., 2017. [online] *Liquid cooling technology update. The green grid*. Dostupné z <https://www.thegreengrid.org/en/resources/library-and-tools/442-WP>
- [29] Rasmussen N., [online] *Calculating Space and Power Density Requirements for Data Centers*. Schneider Electric. dostupné z <https://www.apc.com/us/en/support/resources-tools/white-papers/calculating-space-and-power-density-requirements-for-data-centers.jsp>
- [30] Patterson M., 2010 [online] *ERE: A metric for measuring the benefit of reuse energy from a data center*. The Green Grid. dostupné z https://eehpcwg.llnl.gov/documents/infra/06_energyreuseefficiencymetric.pdf

Internetové zdroje - ostatní

- [31] *Cisco Unified Computing System Site Planning Guide: Data Center Power and Cooling*, 2017 [online] dostupné z

- https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/data-center-virtualization/unified-computing/white_paper_c11-680202.pdf [cit. 03.2019]
- [32] Borghio D., 2012 [online] *Europe's fastest supercomputer uses warm water cooling to conserve energy and heat buildings* dostupné z <https://newatlas.com/ibm-supermuc-supercomputer/23086/> [cit. 12.2018]
- [33] Leibnitz Supercomputing Centre [online] dostupné z <https://www.lrz.de/services/compute/supermuc> [cit. 05. 2019]
- [34] *SuperMUC: First Commercial Hot-Water Cooled Supercomputer to Consume 40% Less Energy*, 2012, In: Youtube [online] dostupné z <https://www.youtube.com/watch?v=LzTedSh51Tw> kanál IBM Research [cit. 12.2018]
- [35] Moss S., 2018 [online] *Germany's SuperMUC-NG supercomputer goes live*. Dostupné z <https://www.datacenterdynamics.com/news/germanys-supermuc-ng-supercomputer-goes-live/> [cit. 05. 2019]
- [36] Aquasar supercomputer, 2009, In: Youtube [online] dostupné z <https://www.youtube.com/watch?v=FbGyAXsLzIc> kanál Connor [cit. 12. 2018]
- [37] Green Cooling [online] dostupné z <https://www.grcooling.com> [cit. 10.2018]
- [38] Asetek [online] dostupné z <https://www.asetek.com/data-center/oem-data-center-coolers/rackcdu-d2c/> [cit. 12. 2018]
- [39] Wedos [online] dostupné z <https://www.wedos.cz/> [cit. 05 . 2019]
- [40] Wedos blog, *Jak jde stavba našeho druhého datacentra* [online] dostupné z <https://blog.wedos.cz/jak-jde-stavba-naseho-druheho-datacentra> [cit. 05. 2019]
- [41] Bawden T., 2016 [online] *Global warming: Data centres to consume three times as much energy in next decade, experts warn* dostupné <https://www.independent.co.uk/environment/global-warming-data-centres-to-consume-three-times-as-much-energy-in-next-decade-experts-warn-a6830086.html> [cit. 11.2018]
- [42] Sverdlik Y., 2016 [online] *Here's How Much Energy All US Data Centers Consume* dostupné na <http://www.datacenterknowledge.com/archives/2016/06/27/heres-how-much-energy-all-us-data-centers-consume> [cit. 11. 2018]
- [43] Analys Mason, 2014 [online] dostupné z <http://www.analysismason.com/About-Us/News/Insight/Data-centre-investment-Apr2014/> [cit. 10.2018]
- [44] Mindl P., *Sítě s nepřetržitým napájením, UPS systémy* [online] dostupné z <http://motor.feld.cvut.cz/?q=cs/A5M14RPI> [cit. 04.2019]
- [45] Novotný J., 2017. *Neobnovitelná primární energie*. Tzbinfo.cz. Dostupné z <https://vytapani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapani/16491-neobnovitelna-primarni-energie> [cit. 05. 2019]
- [46] InnovIT [online] dostupné z <https://www.innovit.ag/en/> [cit. 05. 2019]

- [47] Colocation America [online] *Data center standards* dostupné z <https://www.colocationamerica.com/data-center/tier-standards-overview.htm> [cit. 05. 2019]
- [48] Křivka datového toku v ČR [online] dostupné z www.nix.cz/cs [cit. 04. 2019]
- [49] Cenová mapa dálkového vytápění - Naše teplo [online] dostupné z <http://www.naseteplo.cz/?id=1005> [cit. 05. 2019]
- [50] Cloud and Heat [online] dostupné z <https://www.cloudandheat.com/en> [cit. 10. 2018] [cit. 05. 2019]
- [51] Nerdalize [online] dostupné z <https://www.nerdalizet.com> [cit. 10. 2018]
- [52] Qarnot [online] dostupné z <https://www.qarnot.com> [cit. 10. 2018]
- [53] Romain D., 2018 [online] *Qarnot unveils a cryptocurrency heater for your home* dostupné z <https://techcrunch.com/2018/03/08/qarnot-unveils-a-cryptocurrency-heater-for-your-home/> [cit. 10. 2018]
- [54] Master [online] dostupné z <https://www.master.cz/> [cit. 10. 2018]
- [55] Microsoft Azure [online] dostupné z <https://azure.microsoft.com/cs-cz/> [cit. 10. 2018]
- [56] Forpsicloud [online] dostupné z <https://www.forpsicloud.cz/> [cit. 10. 2018]
- [57] Upcloud [online] dostupné z <https://www.upcloud.com/> [cit. 10. 2018]
- [58] Alibaba Cloud [online] dostupné z <https://www.alibabacloud.com/> [cit. 10. 2018]
- [59] Home at Cloud [online] dostupné z <https://www.homeatcloud.cz/> [cit. 10. 2018]
- [60] Lenovo [online] dostupné z <https://www.lenovo.com> [cit. 10. 2018]

Přílohy

Dobrý den,

Odpovídám na Váš níže uvedený požadavek:

piši diplomovou práci na ČVUT - Fakultě stavební. Tématem je využití odpadního tepla z výpočetní techniky.

Rád bych se vás zeptal na rámcové ceny energií (elektrina, plyn) pro středně velký až velký odběr.

Jedná se o objekt datového centra o konstantním výkonu 220kW a roční spotřebě elektřiny 1 900 MWh.

Druhým objektem je bytový dům s roční spotřebou plynu 880 MWh.

Oba objekty jsou v Praze.

Samozřejmě rozumím, že mi nedokážete napsat přesnou cenu, která je závislá na více parametrech, ale byl bych rád, kdybyste mi dokázali napsat alespoň běžný odhad pro dané odběry.

Děkuji a přeji hezký den

David Staněk

Převzali jsem údaje zákazníků s objeme dodávky odpovídající Vaším požadavkům

Plyn	Zákazník 1	Zákazník 2	Zákazník 3
Distribuce, související služby a daň z plynu	239	234	263
Plyn	580	578	669
Celkem Kč/MWh bez DPH	819	812	932

Elektřina	Zákazník 3	Zákazník 4
Distribuce, související služby, příspěvek na podporu výroby OZ	784	730
Elektřina	1 378	1 058
Celkem Kč/MWh bez DPH	2 162	1 788

Ceny jsou převzaty z roku 2018, aktuální ceny budou ve složce distribuce a ostatní cca o 2 % vyšší, ve složce ceny plynu o 10 % vyšší a ve složce ceny elektřiny kolem 1 600 Kč/MWh. Zákazník 4 má cenu elektřinu nízkou, zřejmě byla smlouva uzavřena před 1 až 2 roky. Zákazník 3 je blíže loňským cenám.

U plynu proto navrhuji pracovat s cenou kolem 1 000 Kč/MWh a elektřiny 2 400 Kč/MWh

S pozdravem/with kind regards,

Jiří Vastl

Cenotvorba / Pricing



Dimenze	Otevírací tlak P ₀ pro topení	Pojistný výkon kW	Balení	Objednací č.	Kč/ks
1" × 1 1/4"	0,5 bar	141	12	692532.05	1 035,-
1" × 1 1/4"	1 bar	188	12	692532.10	1 035,-
1" × 1 1/4"	1,5 bar	235	12	692532.15	1 035,-
1" × 1 1/4"	1,8 bar	256	12	692532.18	1 035,-
1" × 1 1/4"	2 bar	273	12	692532.20	1 035,-
1" × 1 1/4"	2,5 bar	315	12	692532.25	1 035,-
1" × 1 1/4"	3 bar	354	12	692532.30	1 035,-
1" × 1 1/4"	3,5 bar	395	12	692532.35	1 035,-
1" × 1 1/4"	4 bar	436	12	692532.40	1 035,-
1" × 1 1/4"	4,5 bar	475	12	692532.45	1 035,-
1" × 1 1/4"	5 bar	215	12	692532.50	1 035,-
1" × 1 1/4"	5,5 bar	553	12	692532.55	1 035,-
1" × 1 1/4"	6 bar	591	12	692532.60	1 035,-
1" × 1 1/4"	7 bar	667	12	692532.70	1 035,-
1" × 1 1/4"	8 bar	743	12	692532.80	1 035,-
1" × 1 1/4"	9 bar	818	12	692532.90	1 035,-
1" × 1 1/4"	10 bar	889	12	692532.100	1 035,-



1 1/4" × 1 1/2"	1 bar	388	6	693240.10	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	1,5 bar	486	6	693240.15	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	1,8 bar	527	6	693240.18	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	2 bar	562	6	693240.20	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	2,5 bar	649	6	693240.25	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	3 bar	729	6	693240.30	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	3,5 bar	813	6	693240.35	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	4 bar	898	6	693240.40	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	4,5 bar	979	6	693240.45	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	5 bar	1060	6	693240.50	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	5,5 bar	1138	6	693240.55	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	6 bar	1216	6	693240.60	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	7 bar	1372	6	693240.70	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	8 bar	1529	6	693240.80	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	9 bar	1685	6	693240.90	3 841,-
1 1/4" × 1 1/2"	10 bar	1830	6	693240.100	3 841,-



EXPANZNÍ NÁDOBY PRO PITNOU VODU



Expanzní nádoby AQUAFILL HW

Expanzní nádoby řady HW jsou určeny k provozu v systémech rozvodů studené i teplé vody. Používají se k domácím vodárnám nebo k zásobníkovým ohřivačům TV. Absorbují i tlakové rázy vznikající v potrubí a tím zvyšují životnost a spolehlivost zásobníků TV i celého systému.

Nádoby jsou vyrobeny z vysoce kvalitní oceli a jsou opatřeny antikorozní povrchovou úpravou. V nádobě je nepropustná, velmi elastická membrána odolná vůči vysokým teplotám. U nádob s objemem od 60 l je membrána vyměnitelná.



Technické údaje

MATERIÁL NÁDOBY	ocel
MATERIÁL MEMBRÁNY	EPDM
MATERIÁL PŘÍRUBY	nerezová ocel
PŘEDNASTAVENÝ TLAK	3,5/2 bar (do 40 l/od 60l)
PROVOZNÍ TEPLOTA	-10 až 99 °C

Správnou velikost expanzní nádoby musí stanovit projektant. Při použití se zásobníky TV je velikost expanzní nádoby doporučena výrobcem zásobníku.

Rozměry a typy



ZÁVĚSNÉ PŘÍPOJENÍ		HW016	HW002	HW005	HW008	HW012	HW018	HW025	HW040
OBJEM	l	0,16	2	5	8	12	18	25	40
PRŮMĚR	mm	65	125	160	200	270	270	290	320
VÝŠKA	mm	105	237	325	337	300	422	465	560
PŘÍPOJENÍ	--	1/2" M	1/2" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M
MAX.PRACOVNÍ TLAK	bar	15	10	8	8	8	8	8	8
OBJEDNACÍ KÓD	--	13752	13753	13754	13755	13756	13757	13758	13759



PROVEDENÍ NA NOHÁCH S VÝMĚNNÝM VAKEM		HW060	HW080	HW100	HW200	HW300	HW400
OBJEM	l	60	80	100	200	300	400
PRŮMĚR	mm	380	450	450	554	624	624
VÝŠKA	mm	671	650	731	988	1160	1520
PŘÍPOJENÍ	--	1" M	1" M	1" M	6/4" M	6/4" M	6/4" M
MAX.PRACOVNÍ TLAK	bar	10	10	10	10	10	10
OBJEDNACÍ KÓD	--	13760	13761	13762	13763	13764	13765

Příslušenství



Držák na zeď a přípojovací ventil G 3/4" F/M
Obj. kód 7766



Přípojovací ventil
3/4" Obj. kód 8770
1" Obj. kód 12295
6/4" Obj. kód 14492



Držák na zeď včetně vrutů a hmoždinek
Obj. kód 12174



Výměnný vak

OBJEM	OBJ. KÓD
60l	13788
80 a 100l	13789
200l	13971
300 a 400l	13972



B15T

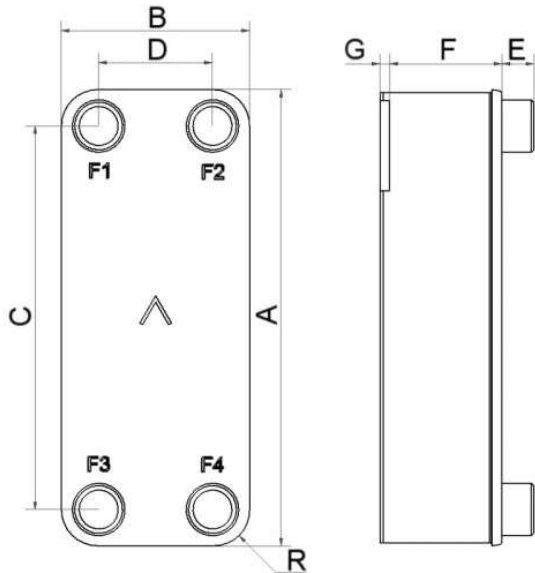
The highly efficient B15T has been developed to have maximum thermal length. Precision optimization allows efficient operation even at extremely small temperature differences, making the product the obvious choice for applications demanding high heat flux and improved energy utilization.



Basic specifications

Maximum number of plates (NoP)	60
Max flow	4 m ³ /h (17.61 gpm)
Channel volume	0.063 dm ³ (0.0022 ft ³)
Material	316 stainless steel plates, copper brazing
Weight excl. connections	1.25+(0.104*NoP) kg 2.76+(0.229*NoP) lb

Standard dimensions



#	MM	IN
A	468	18.43
B	76	2.99
C	432	17.01
D	40	1.57
F	4.00+2.24*(NoP)	0.16+0.09*(NoP)
G	7	0.28
R	18	0.71
E_1	20.10	0.79

Side 1 : Primary circuit
Side 2 : Secondary circuit

DUTY REQUIREMENTS	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW		25,00
Inlet temperature	°C	65,00	42,00
Outlet temperature	°C	45,00	62,00
Flow rate	kg/s	0,2988	0,2989
Thermal length		6,667	6,667

PLATE HEAT EXCHANGER	Unit	Side 1	Side 2
Total heat transfer area	m ²		1,87
Heat flux	kW/m ²		13,4
Mean temperature difference	K		3,00
O.H.T.C. (available/required)	W/m ² , °C		4660/4460
Pressure drop -total*	kPa	18,8	18,7
- in ports	kPa	1,06	1,06
Port diameter	mm	16,0/16,0 (up/down)	16,0/16,0 (up/down)
Number of channels per pass		14	14
Number of plates			57
Oversurfacing	%		5
Fouling factor	m ² , °C/kW		0,010
Reynolds number		1209	1152
Port velocity	m/s	1,51/1,51 (up/down)	1,51/1,51 (up/down)

PHYSICAL PROPERTIES	Unit	Side 1	Side 2
Reference temperature	°C	55,00	52,00
Dynamic viscosity	cP	0,504	0,529
Dynamic viscosity - wall	cP	0,516	0,517
Density	kg/m ³	985,7	987,2
Heat capacity	kJ/kg, °C	4,183	4,182
Thermal conductivity	W/m, °C	0,6492	0,6459
Largest wall temperature difference	K		0,31
Minimum wall temperature	°C	43,66	43,35
Maximum wall temperature	°C	63,66	63,35
Film coefficient	W/m ² , °C	10500	10300
Average wall temperature	°C	53,62	53,40
Channel velocity	m/s	0,155	0,154
Shear stress	Pa	20,5	20,5

*Excluding pressure drop in connections.

Data sheet: Yonos PICO-STG 15/1-13-180

Hydraulic data

Max. volume flow Q	2 m ³ /h
Max. delivery head H	13.00 m
Energy efficiency index (EEI)	0.21

Motor data

Mains connection	1~230 V ±10%, 50/60 Hz
Power consumption $P_{1 \max}$	75 W
Power consumption $P_{1 \min}$	4 W
Max. speed n_{\max}	4800 rpm
Min. speed n_{\min}	800 rpm
Insulation class	F
Protection class	IPX4D
Electromagnetic compatibility	EN 61800-3
Emitted interference	EN 61000-6-3
Interference resistance	EN 61000-6-2

Materials

Bearing	Carbon, metal impregnated
Impeller	PP-GF40
Pump housing	5.1300, EN-GJL-200
Shaft	1.4003, X2CrNi12

Product data

Maximum operating pressure PN	10 bar
Max. ambient temperature T	55 °C
Min. ambient temperature T	0 °C
Max. fluid temperature T	110 °C
Min. fluid temperature T	0 °C

Installation dimensions

Pipe connection on the pressure side	G 1
Pipe connection on the suction side	G 1
Port-to-port length l_0	180 mm

Information for order placements

Brand	Wilo
Product description	Yonos PICO-STG 15/1-13-180
Article number	4527507
Net weight, approx. m	2 kg

B28

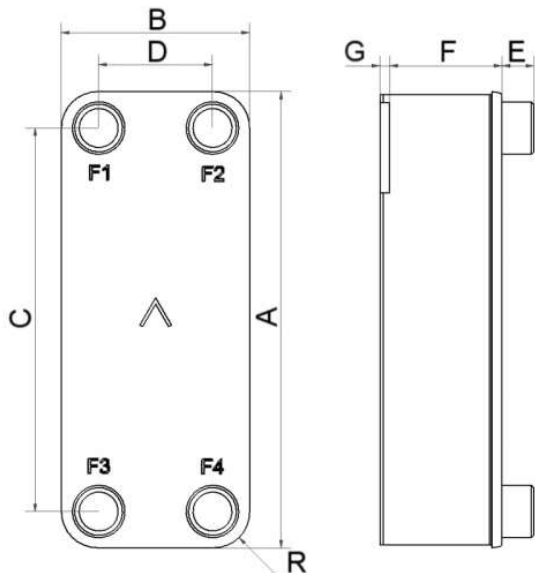
The B28 has been specially designed for one-phase applications, and has been tailored to cover the capacities and specifications of district heating substations, radiator circuits, and tap water heating applications over a wide capacity range. The B28 is also optimal for oil cooling.



Basic specifications

Maximum number of plates (NoP)	141
Max flow	16.9 m ³ /h (74.41 gpm)
Channel volume	0.116 dm ³ (0.0041 ft ³)
Material	316 stainless steel plates, copper brazing
Weight excl. connections	2.09+(0.164*NoP) kg 4.61+(0.362*NoP) lb

Standard dimensions



#	MM	IN
A	526	20.71
B	119	4.69
C	470	18.5
D	63	2.48
F	4.00+2.24*(NoP)	0.16+0.09*(NoP)
G	6	0.24
R	23	0.91
E_1	27.10	1.07

SINGLE PHASE - Design Heat Exchanger : 2 B28Hx73/2P

Fluid Side 1 : Water
Fluid Side 2 : Water

Side 1 : Primary circuit
Side 2 : Secondary circuit

Flow Type : Counter-Current
SSP Alias : B28

DUTY REQUIREMENTS

		Side 1	Side 2
Heat load	kW	220,0	
Inlet temperature	°C	62,00	35,00
Outlet temperature	°C	42,00	60,00
Flow rate	kg/s	2,631	2,105
Thermal length		5,011	6,264

PLATE HEAT EXCHANGER

		Side 1	Side 2
Total heat transfer area	m ²	8,52	
Heat flux	kW/m ²	25,8	
Mean temperature difference	K	3,99	
O.H.T.C. (available/required)	W/m ² , °C	6790/6470	
Pressure drop -total*	kPa	61,0	39,7
- in ports	kPa	1,13	0,724
Port diameter	mm	33,0/33,0 (up/down)	33,0/33,0 (up/down)
Number of channels per pass		18	18
Number of plates		73	
Oversurfacing	%	5	
Fouling factor	m ² , °C/kW	0,007	
Reynolds number		2443	1813
Port velocity	m/s	1,56/1,56 (up/down)	1,24/1,24 (up/down)

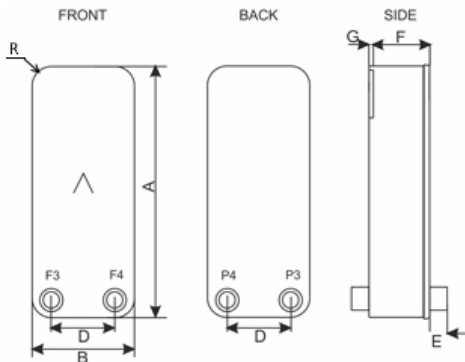
PHYSICAL PROPERTIES

		Side 1	Side 2
Reference temperature	°C	52,00	47,50
Dynamic viscosity	cP	0,529	0,571
Dynamic viscosity - wall	cP	0,546	0,550
Density	kg/m ³	987,2	989,2
Heat capacity	kJ/kg, °C	4,182	4,180
Thermal conductivity	W/m, °C	0,6459	0,6405
Largest wall temperature difference	K		0,91
Minimum wall temperature	°C	39,22	38,31
Maximum wall temperature	°C	61,20	60,94
Film coefficient	W/m ² , °C	17100	14400
Average wall temperature	°C	50,17	49,69
Channel velocity	m/s	0,328	0,262
Shear stress	Pa	63,7	41,4

TOTALS

Total weight empty	kg	28,2 - 28,1
Total weight filled	kg	36,5 - 36,4
Hold-up volume, inner circuit	dm ³	4,18
Hold-up volume, outer circuit	dm ³	4,18
Port size F1/P1	mm	33,0
Port size F2/P2	mm	33,0
Port size F3/P3	mm	33,0
Port size F4/P4	mm	33,0
NND F1/P1	mm	36,0
NND F2/P2	mm	36,0
NND F3/P3	mm	36,0
NND F4/P4	mm	36,0
Carbon footprint	kg	198

DIMENSIONS



A	mm	526 +/-2
B	mm	119 +/-1
C	mm	470 +/-1
D	mm	63 +/-1
E	mm	27 (opt. 45) +/-1
F	mm	167,50 to 172,60 +/-2%
G	mm	6 +/-1
R	mm	23

This is a schematic sketch. For correct drawings please use the order drawing function or contact your SWEP representative.

Disclaimer: Data used in this calculation is subject to change without notice. SWEP strives to use "best practice" for the calculations leading to the above results. Calculation is intended to show thermal and hydraulic performance, no consideration has been taken to mechanical strength of the product. Product restrictions - such as pressure, temperatures and corrosion resistance- can be found in SWEP product sheets and other technical documentation. SWEP may have patents, trademarks, copyrights or other intellectual property rights covering subject matter in this document. Except as expressly provided in any written license agreement from SWEP, the furnishing of this document does not give you any license to these patents, trademarks, copyrights, or other intellectual property. To the maximum extent permitted by applicable law, the software, the calculations and the results are provided without warranties of any kind, whether express or implied. No advice or information obtained through use of the software (including information provided in the results), will create any warranty not expressly stated in the applicable license terms. Without limiting the foregoing, SWEP does not warrant that the content (including the calculations and the results) is accurate, reliable or correct. SWEP does not warrant that any system comprising heat exchanger and other components, installed on the basis of calculations in this software, will meet your requirements or function to your satisfaction or expectations.

*Excluding pressure drop in connections.



f2ada43e-3b8d-42dc-81b1-8e4f59a7726b

Date: 2019-04-30
 Enquiry dated:
 Project:
 Quotation-no.:
 Item:
 Reference:



Drycooler

GFHV WD 100.2OF/22A-62

Capacity:	470.0 kW	Medium:	Water (R718) ⁽¹⁾
Surface reserve:	3.0 %	Inlet:	62.0 °C
Air flow:	112699 m ³ /h	Outlet:	42.0 °C
Air inlet:	32.0 °C	Pressure drop:	0.82 bar
Altitude:	220 m	Volume flow:	20.50 m ³ /h

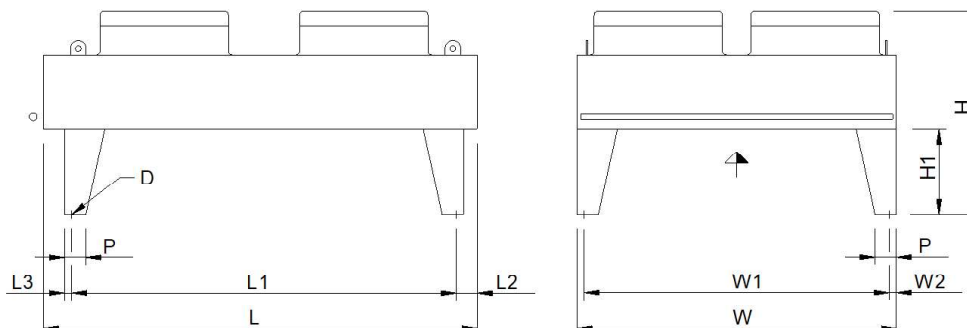
Fans (AC):	4 Piece(s) 3~400V 50HzΔ/(Y)	Noise pressure level:	62 dB(A) ⁽²⁾
Data per motor (nominal data):		at a distance of:	10.0 m
Speed:	930 min ⁻¹ / (770 min ⁻¹)	Noise power level:	94 dB(A)
Capacity (el.):	2.48 kW	ErP:	Compliant ⁽³⁾
Current:	5.63 A ⁽⁴⁾		

Total el. power consumption:	10.04 kW	Energy efficiency class:	E (2014)
-------------------------------------	----------	---------------------------------	----------

Casing:	Galv. Steel, RAL 7035	Tubes:	Copper ⁽⁵⁾
Surface:	966.5 m ²	Fins:	Aluminum ⁽⁵⁾
Tube volume:	75.7 l	Connections per unit:	
Fin spacing:	2.10 mm	Inlet:	76.1 * 2.00 mm
Dry weight:	918 kg ⁽⁶⁾	Outlet:	76.1 * 2.00 mm
Max. operating pressure:	10.0 bar	PED classification:	Art. 4, par. 3 ⁽⁷⁾
		Passes:	4

Dimensions:⁽⁶⁾

L = 4740 mm
 W = 2241 mm
 H = 1438 mm
 H1 = 600 mm
 L1 = 4400 mm
 L2 = 197 mm
 L3 = 52 mm
 P = 150 mm
 W1 = 2137 mm
 W2 = 52 mm
 D = 17 mm



Attention: Drawing and dimensions not valid for all accessory options!

UI: 538.07VQ.21W.06G.001E.M

List price excl. VAT:	Piece(s)	Price per unit	Total price
Unit price	1	13180.00 EUR	13180.00 EUR
Total (List price without VAT, incl. packaging)			13180.00 EUR

Terms of delivery:

Payment cond.:

Delivery time: 5 weeks⁽⁸⁾ (Status: 2019-04-15)

Validity:

Our general terms of sales and delivery apply!

Important remarks / explanatory notes:

- (1) Fluid group 2 according to pressure equipment directive 2014/68/EU
- (2) According to the enveloping surface method defined in EN 13487/EN 9614-1; Eurovent tolerance = +2 dB(A). Applies only for AC fans, AC fans with sine control and EC fans. Noise caused by other control methods, water spraying systems or sound reflexions occurring at the installation site are not taken into account and may result in an increased sound pressure level.
- (3) This unit is equipped with fans that meet the efficiency requirements of Directive 2009/125/EC (ErP Directive).

EXPANZNÍ NÁDOBY PRO OTOPNÉ SYSTÉMY



Expanzní nádoby AQUAFILL HS

Expanzní nádoby řady HS jsou určeny k provozu v otopných systémech nebo v uzavřených chladicích okruzích a umožňují absorbovat změny objemu, způsobené změnou teploty topné kapaliny.

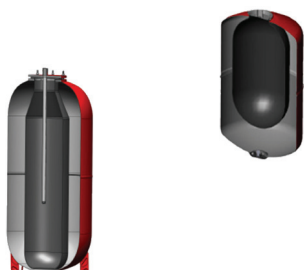
Nádoby jsou vyrobeny z vysoce kvalitní oceli a jsou opatřeny antikorozi povrchovou úpravou. V nádobě je nepropustná, velmi elastická membrána odolná vůči vysokým teplotám. U nádob s objemem od 50 l je membrána vyměnitelná.

Technické údaje

MATERIÁL NÁDOBY	ocel
MATERIÁL MEMBRÁNY	EPDM
MATERIÁL PŘÍRUBY	ocel s povrchovou úpravou
PŘEDNASTAVENÝ TLAK	1,5 bar
PROVOZNÍ TEPLOTA	-10 až 99 °C

Správnou velikost expanzní nádoby musí stanovit projektant. Pro výpočet velikosti expanzní nádoby pro otopné systémy je nutné znát vodní objem celé otopné soustavy (kotel, potrubí, otopná tělesa..), její maximální provozní teplotu a tlak, převýšení nejvyššího bodu otopné soustavy nad expanzní nádobou a minimální požadovaný tlak v kotelně.

Rozměry a typy



ZÁVĚSNÉ PROVEDENÍ		HS005	HS008	HS012	HS018	HS025	HS040
OBJEM	l	5	8	12	18	25	40
PRŮMĚR	mm	160	200	270	270	290	320
VÝŠKA	mm	325	330	310	425	468	580
PŘÍPOJENÍ	--	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M
MAX.PRACOVNÍ TLAK	bar	6	6	6	6	6	6
OBJEDNACÍ KÓD	--	13731	13732	13734	13735	13736	13737

PROVEDENÍ NA NOHÁCH S VÝMĚNNÝM VAKEM*

		HS 035	HS 050	HS 060	HS 080	HS 100	HS 150	HS 200	HS 250	HS 300	HS 400	HS 500	HS 600	HS 700
OBJEM	l	35	50	60	80	100	150	200	250	300	400	500	600	700
PRŮMĚR	mm	320	380	380	450	450	554	554	624	630	624	775	775	775
VÝŠKA	mm	525	620	670	662	730	807	988	1006	1160	1520	1250	1525	1635
PŘÍPOJENÍ	--	3/4" M	3/4" M	1" M	1" M	1" M	6/4" M	6/4" M	6/4" M	6/4" M	6/4" M	6/4" M	6/4" M	6/4" M
MAX.PRACOVNÍ TLAK	bar	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
OBJEDNACÍ KÓD	--	13738	13739	13740	13741	13742	13743	13744	13745	13746	13747	13748	13749	13750

* Expanzní nádoba HS035 nemá výměnný vak.

Příslušenství



Držák na zeď a přípojovací ventil G 3/4" F/M
Obj. kód 7766



Přípojovací ventil
3/4" Obj. kód 8770
1" Obj. kód 12295
6/4" Obj. kód 14492



Držák na zeď včetně vrutů a hmoždinek
Obj. kód 12174

Výměnný vak



OBJEM	OBJ. KÓD
50l	13785
60 a 80l	13769
100l	13770
150 a 200l	13771
250 a 300l	13772
400l	13773
500 a 700l	13774



Regulus spol. s r.o.
Do Koutů 1897/3, 143 00 Praha 4
Tel.: 241 764 506, Fax: 241 763 976
E-mail: obchod@regulus.cz
Web: www.regulus.cz

Expanzní nádoby

AQUAFILL HS

Kondenzační kotle s předsměšovacími hořáky

Výměník tepla ze slitiny hliníku a křemíku

- Normovaný stupeň využití až 110 %
- Modulační předsměšovací plynový hořák pro tichý a energeticky úsporný provoz
- Možnost provozu nezávislého na vzduchu z prostoru umístění
- Řízení kotlů regulačními přístroji Logamatic řady 4000 a RCxxx
- Vybaven systémem EMS plus a hořákovým automatem SAFE
- Systém servisní diagnózy SDS
- Extra nízké emise škodlivin
- Palivo – pouze zemní plyn
- Logano plus GB212 – možnost provozu kaskády bez kotlových čerpadel a anuloidu

Logano plus GB212

Logano plus GB212	15	22	30	40	50
Výkon [W] (při 50/30°C)	15	22	30	40	49,9
Výška [mm]	964				
Šířka [mm]	600				
Délka [mm]	625	625	625	795	795
Hmotnost [kg]	60	65	67	85	88



Výkon

■ od 15 do 50 kW

Logano plus GB312

Logano plus GB312	90	120	160	200	240	280
Výkon [W] (při 50/30°C)	90	120	160	200	240	280
Výška [mm]	1517					
Šířka [mm]	994	994	1202	1202	1410	1410
Délka [mm]	717					
Hmotnost [kg]	205	205	240	265	300	330



Výkon

■ od 90 do 280 kW
■ nebo 180 až 560 kW

Dvojkotel Logano plus GB312	180	240	320	400	480	560
Výkon [W] (při 50/30°C)	180	240	320	400	480	560
Výška [mm]	1517	1517	1517	1862	1867	1862
Šířka [mm]	1748	1748	1949	2040	2247	2196
Délka [mm]	1893	1893	2046	2186	2187	2186
Hmotnost [kg]	410	410	480	530	600	660

Logano plus GB402

Logano plus GB402	320	395	470	545	620
Výkon [W] (při 50/30°C)	320	395	470	545	620
Výška [mm]	1 578				
Šířka [mm]	845				
Délka [mm]	1868				
Hmotnost [kg]	410	438	465	493	520



Výkon

■ od 320 do 620 kW



Základní charakteristika	
Použití	příprava teplé vody
Popis	zásobníkový ohřívač vody s možností připojení el. topného tělesa
Pracovní kapalina	voda
Objednací kód	10 366

Energetické parametry (dle Nařízení Komise (EU) č. 812/2013)	
	R0BC 1500
Třída energetické účinnosti	neudává se
Statická ztráta	146 W
Užitný objem	1494 l

Technické údaje	
Celkový objem zásobníku	1494 l
Max. teplota v zásobníku	95 °C
Max. tlak v zásobníku	10 bar

Materiály	
Materiál zásobníku	S235JR, vnitřní povrch smaltovaný (DIN 4756)
Materiál izolace	flís
Vnější povrch izolace	plast

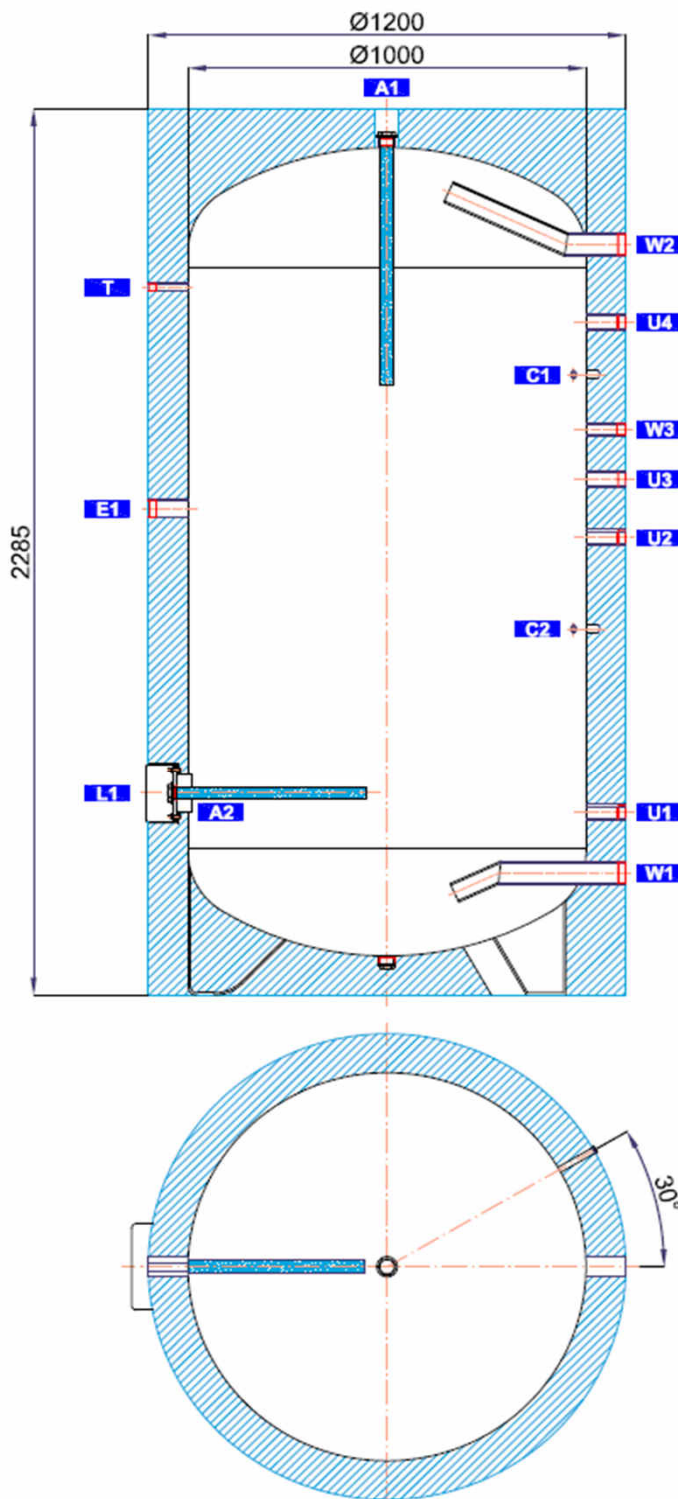
Rozměry, klopná výška a hmotnost	
Průměr zásobníku	1000 mm
Průměr zásobníku s izolací	1200 mm
Celková výška zásobníku	2285 mm
Klopná výška	2590 mm
Hmotnost prázdného zásobníku	230 kg

Příslušenství	
Elektrické topné těleso	typy ETT-A, D, F, G, M
Max. délka / výkon topného tělesa	815 mm / 12,0 kW
Elektronická anoda	objednací kód 14 429

Náhradní díly (magneziové anody)	
Mg anoda (A1), G 5/4"	objednací kód 464
Mg anoda - řetízková, G 5/4"	objednací kód 13 112
Mg anoda - do příruby (A2), G 5/4"	objednací kód 448

Rozměrové schéma

Klopná výška 2590 mm.



NÁVARKY

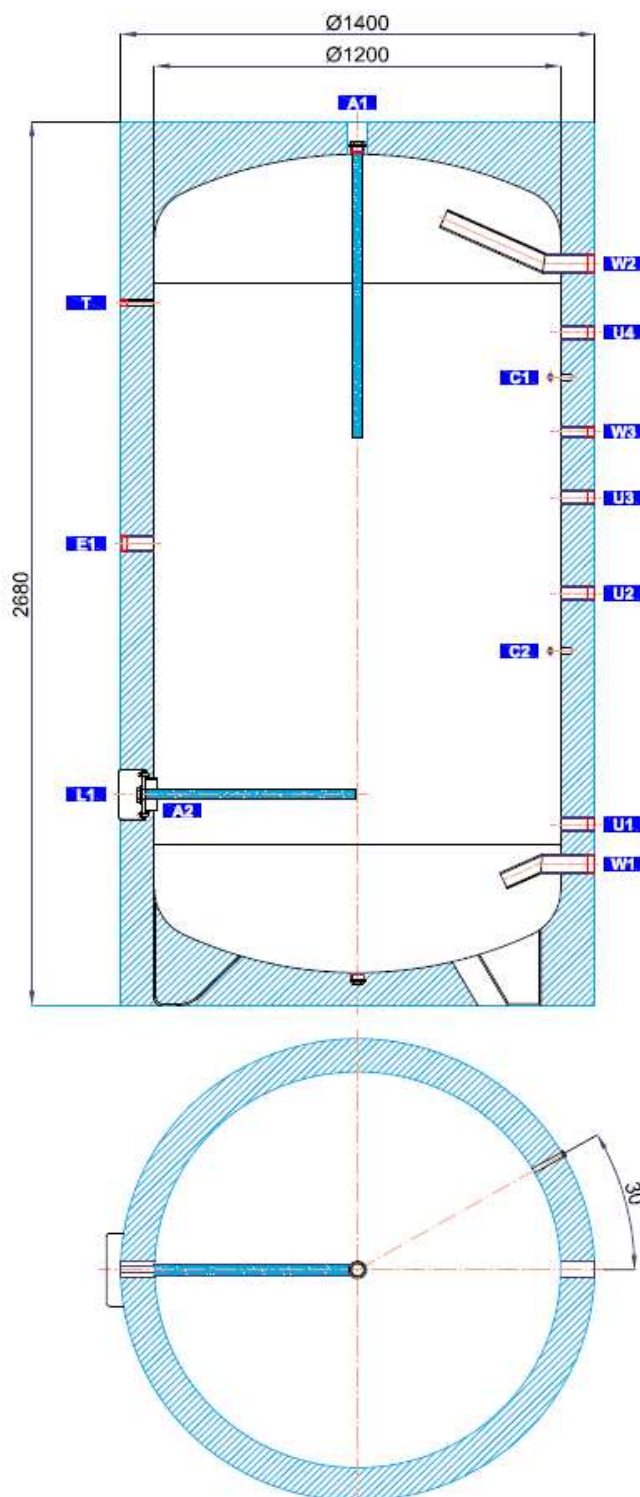
ozn.	připojení	výška [mm]
Příprava teplé vody		
W1	G 2" F	315
W2	G 2" F	1935
W3	G 1" F	1460
Elektrické topné těleso		
E1	G 6/4" F	1255
Regulace a zabezpečení		
C1	G 1/2" F	1600
C2	G 1/2" F	945
T	G 1/2" F	1825
Univerzální vstup / výstup		
U1	G 5/4" F	470
U2	G 5/4" F	1180
U3	G 5/4" F	1330
U4	G 5/4" F	1735
Příruba		
L1	8 x M10	520
Magnesiová anoda		
A1	G 5/4" F	2205
A2	G 5/4" F	520



Základní charakteristika	
Použití	příprava teplé vody
Popis	zásobníkový ohřívač vody s možností připojení el. topného tělesa
Pracovní kapalina	voda
Objednací kód	10 501
Energetické parametry (dle Nařízení Komise (EU) č. 813/2013)	
	R0BC 2500
Třída energetické účinnosti	neudává se
Statická ztráta	330 W
Užitný objem	2508 l
Technické údaje	
Celkový objem zásobníku	2508 l
Max. teplota v zásobníku	95 °C
Max. tlak v zásobníku	10 bar
Materiály	
Materiál zásobníku	S235JR, vnitřní povrch smaltovaný (DIN 4756)
Materiál izolace	PU pěna (měkká)
Vnější povrch izolace	plast
Rozměry, klopná výška a hmotnost	
Průměr zásobníku	1200 mm
Průměr zásobníku s izolací	1400 mm
Celková výška zásobníku	2680 mm
Klopná výška	3030 mm
Hmotnost prázdného zásobníku	325 kg
Příslušenství	
Elektrické topné těleso	typy ETT-A, D, F, G, M
Max. délka / výkon topného tělesa	815 mm / 12,0 kW
Elektronická anoda	objednací kód 14 429
Náhradní díly (magneziové anody)	
Mg anoda (A1), G 5/4"	objednací kód 3 698
Mg anoda - řetízková, G 5/4"	objednací kód 13 112
Mg anoda - do příruby (A2), G 5/4"	objednací kód 464

Rozměrové schéma

Klopná výška 3030 mm.



NÁVARKY

ozn.	připojení	výška [mm]
Příprava teplé vody		
W1	G 2" F	430
W2	G 2" F	2250
W3	G 1" F	1740
Elektrické topné těleso		
E1	G 6/4" F	1400
Regulace a zabezpečení		
C1	G 1/2" F	1905
C2	G 1/2" F	1075
T	G 1/2" F	2130
Univerzální vstup / výstup		
U1	G 5/4" F	550
U2	G 5/4" F	1250
U3	G 5/4" F	1540
U4	G 5/4" F	2040
Příruba		
L1	8 x M10	640
Magnesiová anoda		
A1	G 5/4" F	2600
A2	G 5/4" F	640

PS 2000 N+



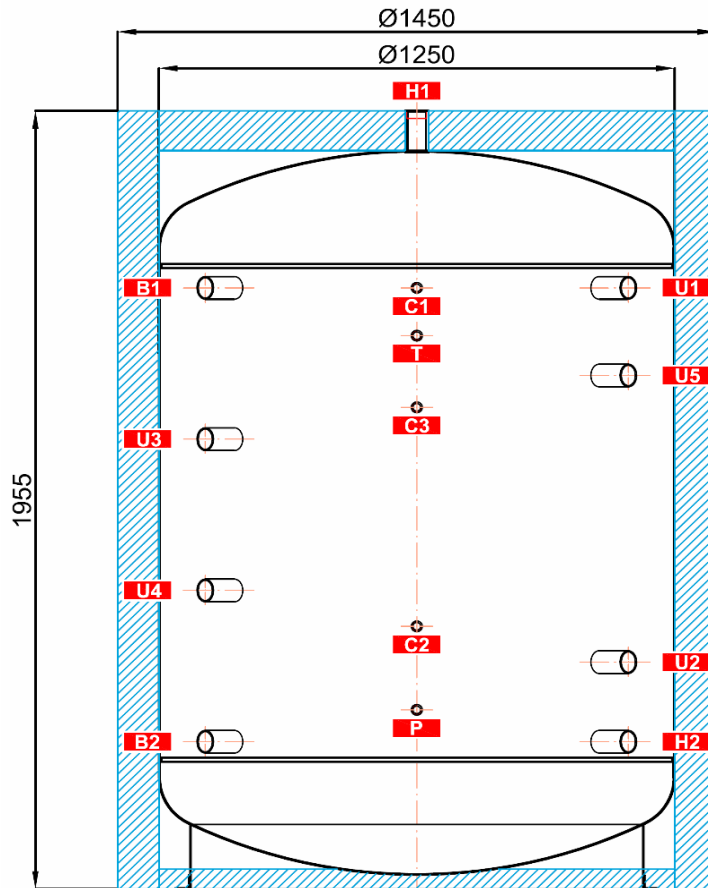
PS 2000 N+ s izolací



Základní charakteristika	
Použití	akumulace a následná distribuce tepelné energie z kotlů na pevná paliva, tepelných čerpadel případně jiných zdrojů tepla
Popis	ocelová, svařovaná nádrž
Pracovní kapalina	voda, směs voda-glykol (max. 1:1), směs voda-glycerin (max. 2:1) a teplotnosný olej
Objednací kódy	
Nádrž	15 156
Izolace	16 353
Energetické parametry (dle Nařízení Komise (EU) č. 812/2013)	
	PS 2000 N+
Třída energetické účinnosti	neudává se
Statická ztráta	190 W
Užitný objem	2005 l
Technické údaje	
Celkový objem nádrže	2005 l
Max. teplota v nádrži	95 °C
Max. tlak v nádrži	3 bar
Materiály	
Nádrž	S235JR
Izolace pláště nádrže	flís
Vnější povrch izolace pláště	koženka
Izolace dna a vrchní části nádrže	flís
Rozměry, klopná výška a hmotnost	
Průměr nádrže	1250 mm
Průměr nádrže s izolací	1450 mm
Celková výška nádrže	1955 mm
Klopná výška bez izolace	2055 mm
Tloušťka izolace pláště nádrže	100 mm
Tloušťka izolace dna nádrže	50 mm
Tloušťka izolace vrchní části nádrže	120 mm
Hmotnost nádrže bez izolace	209 kg
Příslušenství	
Elektrické topné těleso	typy ETT-A, D, F, G, M
Max. délka / výkon topného tělesa	955 mm / 12 kW

Rozměrové schéma

Klopná výška bez izolace 2055 mm.



NÁVARKY

ozn.	připojení	výška [mm]
Zdroje tepla		
B1	G 6/4" F	1510
B2	G 6/4" F	370
Otopná soustava		
H1	G 6/4" F	1955
H2	G 6/4" F	370
Regulace a zabezpečení		
C1	G 1/2" F	1510
C2	G 1/2" F	660
C3	G 1/2" F	1210
T	G 1/2" F	1390
P	G 1/2" F	450
Univerzální vstup / výstup		
U1	G 6/4" F	1510
U2	G 6/4" F	570
U3	G 6/4" F	1130
U4	G 6/4" F	750
U5	G 6/4" F	1290

PS 1000 N+



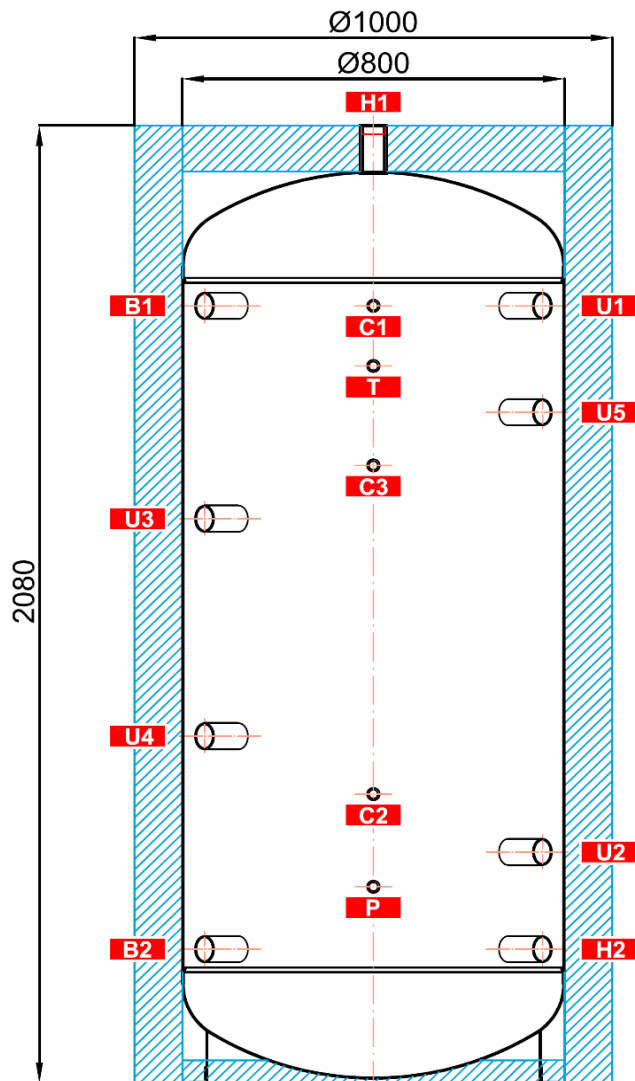
PS 1000 N+ s izolací



Základní charakteristika	
Použití	akumulace a následná distribuce tepelné energie z kotlů na pevná paliva, tepelných čerpadel případně jiných zdrojů tepla
Popis	ocelová, svařovaná nádrž
Pracovní kapalina	voda, směs voda-glykol (max. 1:1), směs voda-glycerin (max. 2:1) a teplotnosný olej
Objednací kódy	
Nádrž	15 147
Izolace	16 345
Energetické parametry (dle Nařízení Komise (EU) č. 812/2013)	
	PS 1000 N+
Třída energetické účinnosti	neudává se
Statická ztráta	133 W
Užitný objem	927 l
Technické údaje	
Celkový objem nádrže	927 l
Max. teplota v nádrži	95 °C
Max. tlak v nádrži	4 bar
Materiály	
Nádrž	S235JR
Izolace pláště nádrže	flís
Vnější povrch izolace pláště	koženka
Izolace dna a vrchní části nádrže	flís
Rozměry, klopná výška a hmotnost	
Průměr nádrže	800 mm
Průměr nádrže s izolací	1000 mm
Celková výška nádrže	2080 mm
Klopná výška bez izolace	2120 mm
Tloušťka izolace pláště nádrže	100 mm
Tloušťka izolace dna nádrže	50 mm
Tloušťka izolace vrchní části nádrže	120 mm
Hmotnost nádrže bez izolace	109 kg
Příslušenství	
Elektrické topné těleso	typy ETT-A, D, F, G, M
Max. délka / výkon topného tělesa	815 mm / 12 kW

Rozměrové schéma

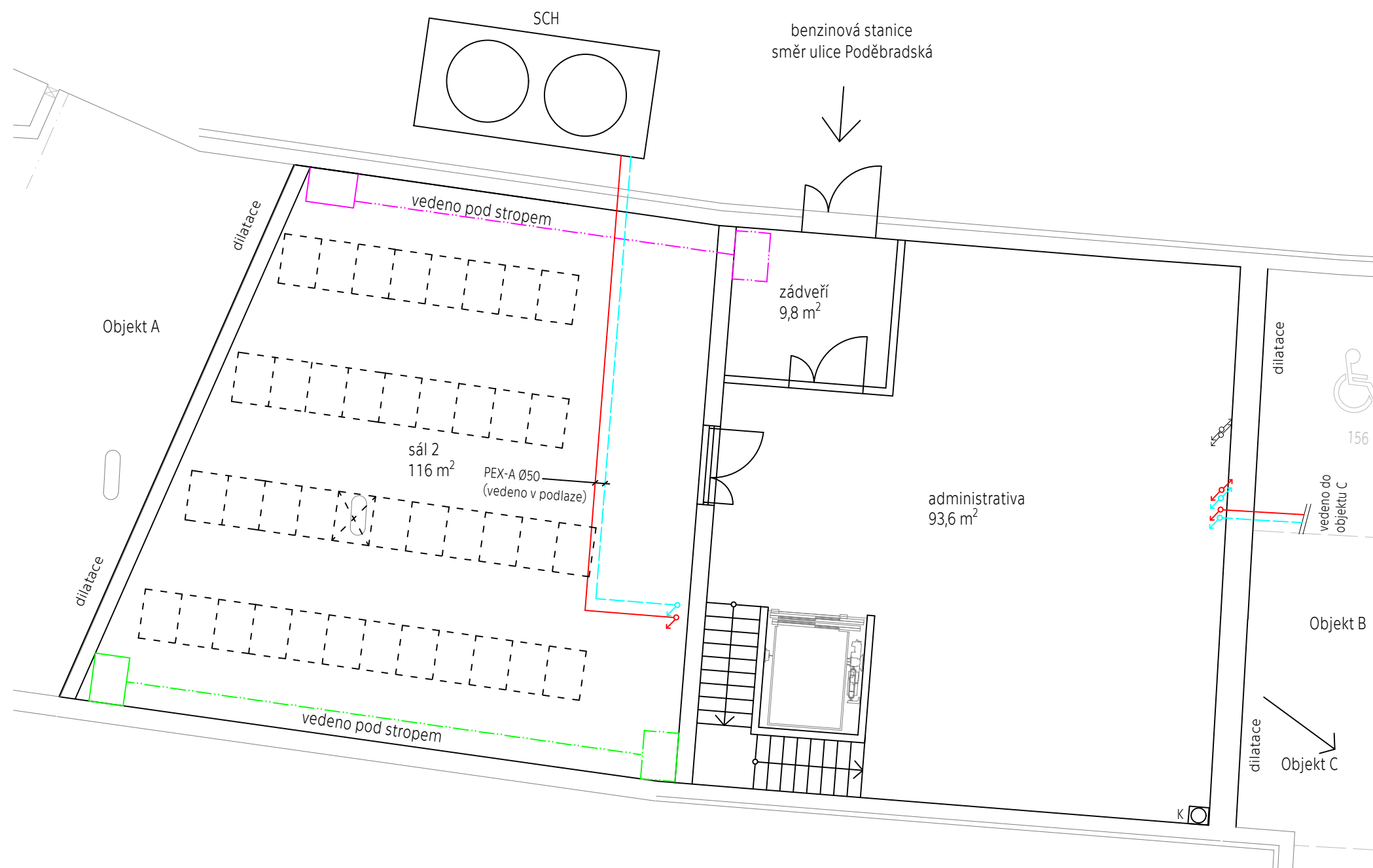
Klopná výška bez izolace 2120 mm.



NÁVARKY

ozn.	připojení	výška [mm]
Zdroje tepla		
B1	G 6/4" F	1690
B2	G 6/4" F	300
Otopná soustava		
H1	G 6/4" F	2080
H2	G 6/4" F	300
Regulace a zabezpečení		
C1	G 1/2" F	1690
C2	G 1/2" F	635
C3	G 1/2" F	1345
T	G 1/2" F	1560
P	G 1/2" F	435
Univerzální vstup / výstup		
U1	G 6/4" F	1690
U2	G 6/4" F	510
U3	G 6/4" F	1230
U4	G 6/4" F	760
U5	G 6/4" F	1460

PŮDORYS 1.PP DATOVÉ CENTRUM



-12°C

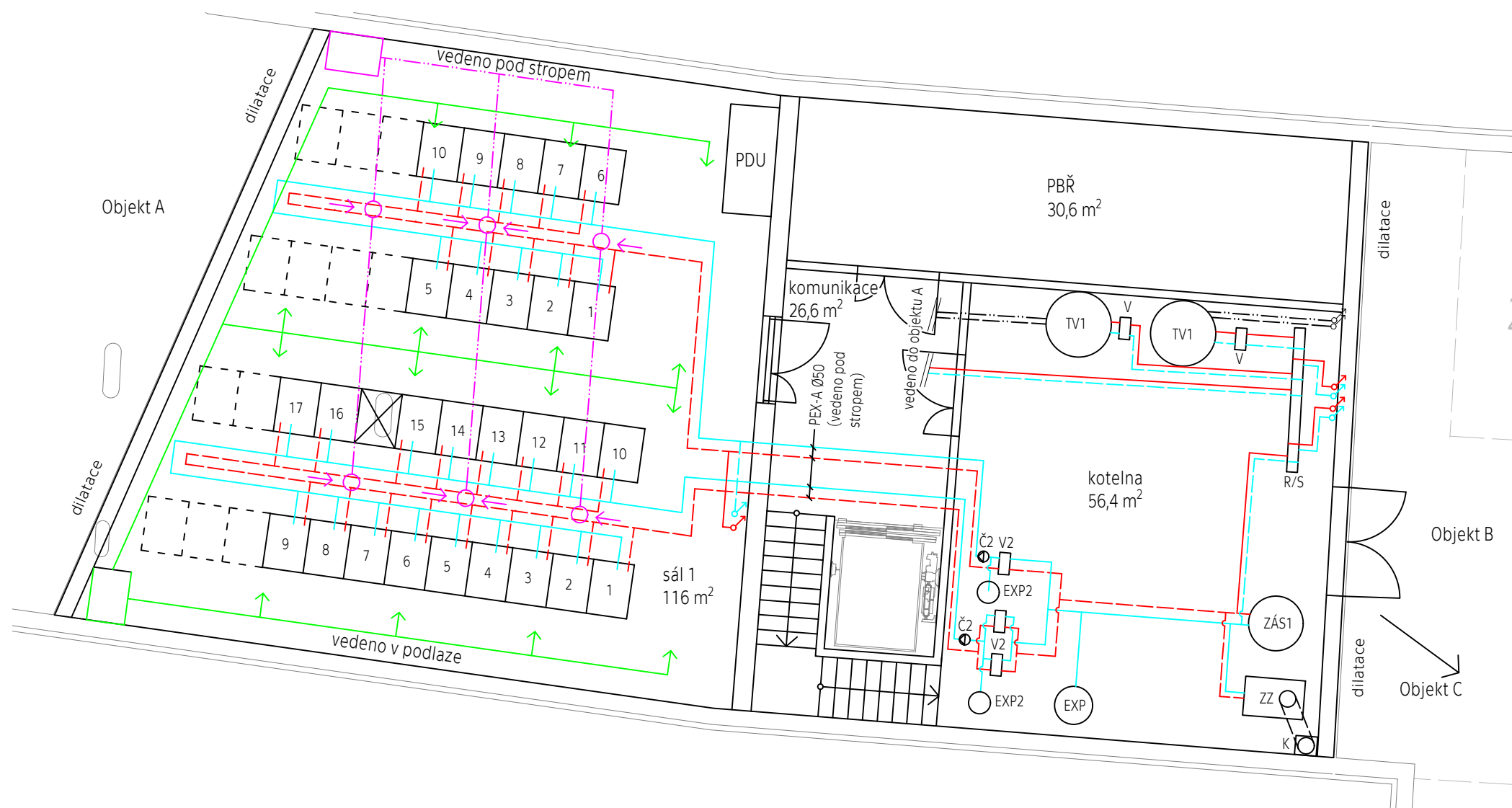


LEGENDA

	Přívodní potrubí - okruh datového sálu 42 °C		Racková skříň
	Zpětné potrubí - okruh datového sálu 62 °C	SCH	Suchý chladič - Günther GFHV WD 100.20F/22A-62
	Přívodní potrubí - bytový objekt 45 °C	PDU	Elektrická rozvodná skříň
	Zpětné potrubí - bytový objekt 35 °C	Č2	Čerpadlo - Wilo Stratos MAXO 50/0,5-16 PN6/10
	Rozvod teplé vody	EXP2	Expanzní nádoba - Regulus HS025
	Cirkulační potrubí teplé vody	V2	Výměník - SWEP B28x73
	Přívodní potrubí - VZT	R/S	Rozdělovač / sběrač
	Zpětné potrubí - VZT	ZÁS1	Akumulační nádoba Regulus PS 2000 N +
		ZZ	Záložní zdroj tepla - Buderus Logano GB312 - 160
		TV1	Zásobník teplé vody Regulus R0BC 1500
		ZÁS2	Zásobník otopné vody Regulus PS 1000 +
		TV2	Zásobník teplé vody Regulus R0BC 2500
		EXP	Expanzní nádoba - nespecifikována
		V	Výměník tepla - nespecifikován

OBOR	Inteligentní budovy	KATEDRA	K125	JMÉNO STUDENTA	
ROČNÍK	2018/2019	VEDOUcí	Doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.	DAVID STANĚK	
AKCE :	DIPLOMOVÁ PRÁCE			FORMÁT	
OBSAH :	PŮDORYS DATOVÉHO CENTRA 2.PP			MĚŘÍTKO	-
				DATUM	19.05.2019
				Č. VÝKR.	D.1.4.01

PŮDORYS 2.PP DATOVÉ CENTRUM



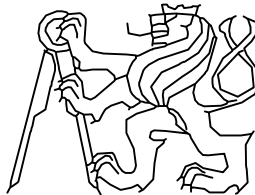
LEGENDA

- Přívodní potrubí - okruh datového sálu 42 °C
- - - Zpětné potrubí - okruh datového sálu 62 °C
- Přívodní potrubí - bytový objekt 45 °C
- - - Zpětné potrubí - bytový objekt 35 °C
- · — · Rozvod teplé vody
- - - · - - - Cirkulační potrubí teplé vody
- Přívodní potrubí - VZT
- - - Zpětné potrubí - VZT

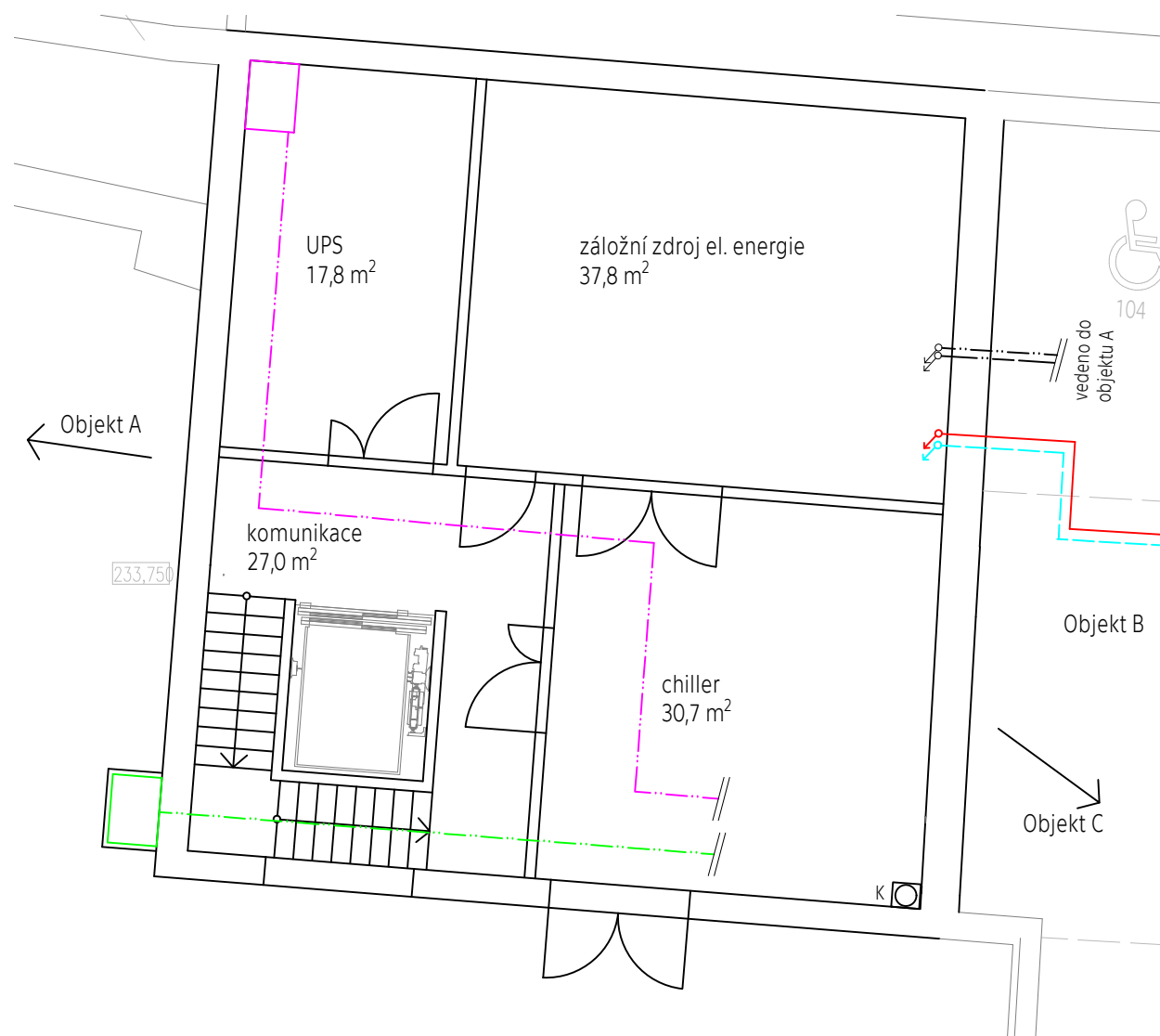
- X Racková skříň
- SCH Suchý chladič - Günther GFHV WD 100.20F/22A-62
- PDU Elektrická rozvodná skříň
- Č2 Čerpadlo - Wilo Stratos MAXO 50/0,5-16 PN6/10
- EXP2 Expanzní nádoba - Regulus HS025
- V2 Výměník - SWEP B28x73
- R/S Rozdělovač / sběrač
- ZÁS1 Akumulační nádoba Regulus PS 2000 N +
- ZZ Záložní zdroj tepla - Buderus Logano GB312 - 160
- TV1 Zásobník teplé vody Regulus ROBC 1500
- ZÁS2 Zásobník otopné vody Regulus PS 1000 +
- TV2 Zásobník teplé vody Regulus ROBC 2500
- EXP Expanzní nádoba - nespecifikována
- V Výměník tepla - nespecifikován
- K Kominové těleso

-12°C

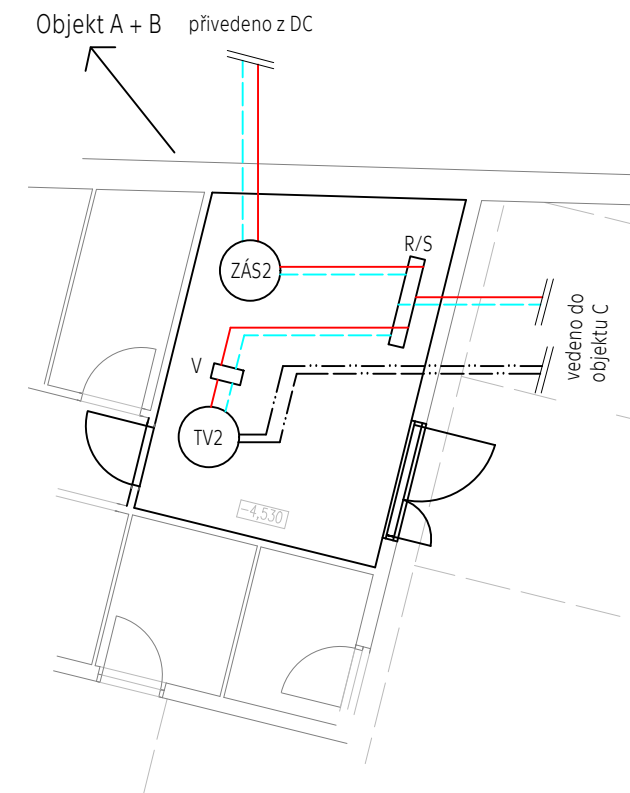


OBOR	Inteligentní budovy	KATEDRA	K125	JMÉNO STUDENTA	
ROČNÍK	2018/2019	VEDOUČÍ	Doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.	DAVID STANĚK	
AKCE :	DIPLOMOVÁ PRÁCE			FORMÁT	
OBSAH :	PŮDORYS DATOVÉHO CENTRA 3.PP			MĚŘÍTKO	-
				DATUM	19.05.2019
				Č. VÝKR.	D.1.4.02

PŮDORYS 1.NP DATOVÉ CENTRUM



PŮDORYS KOTELNY OBJEKTU C



LEGENDA

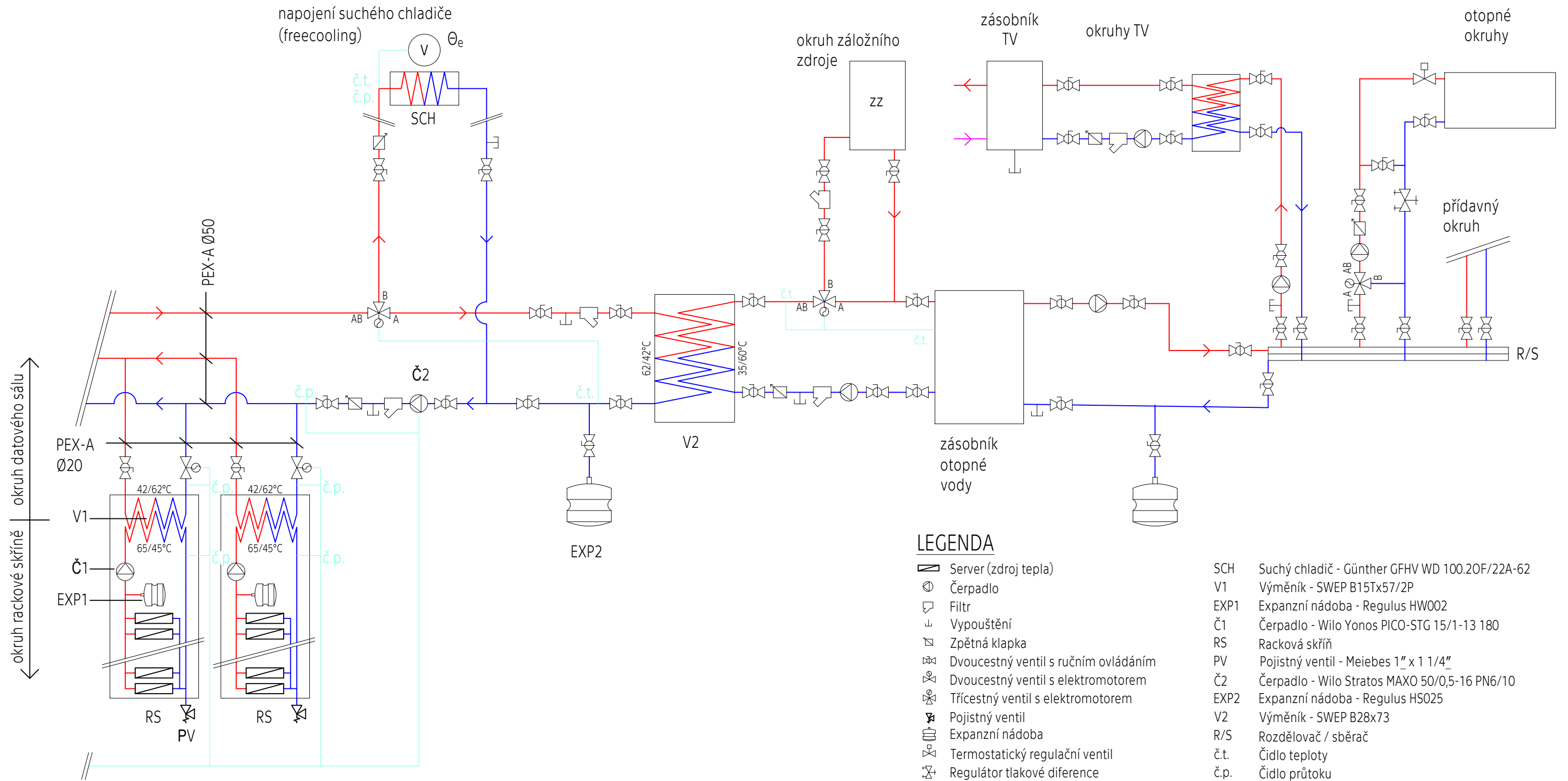
	Přívodní potrubí - okruh datového sálu 42 °C		Racková skříň
	Zpětné potrubí - okruh datového sálu 62 °C	SCH	Suchý chladič - Günther GFHV WD 100.20F/22A-62
	Přívodní potrubí - bytový objekt 45 °C	PDU	Elektrická rozvodná skříň
	Zpětné potrubí - bytový objekt 35 °C	Č2	Čerpadlo - Wilo Stratos MAXO 50/0,5-16 PN6/10
	Rozvod teplé vody	EXP2	Expanzní nádoba - Regulus HS025
	Cirkulační potrubí teplé vody	V2	Výměník - SWEP B28x73
	Přívodní potrubí - VZT	R/S	Rozdělovač / sběrač
	Zpětné potrubí - VZT	ZÁS1	Akumulační nádoba Regulus PS 2000 N +
		ZZ	Záložní zdroj tepla - Buderus Logano GB312 - 160
		TV1	Zásobník teplé vody Regulus R0BC 1500
		ZÁS2	Zásobník otopné vody Regulus PS 1000 +
		TV2	Zásobník teplé vody Regulus R0BC 2500
		EXP	Expanzní nádoba - nespecifikována
		V	Výměník tepla - nespecifikován

-12°C



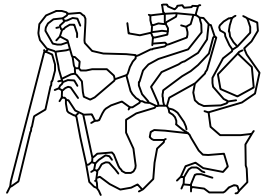
OBOR	Inteligentní budovy	KATEDRA	K125	JMÉNO STUDENTA	
ROČNÍK	2018/2019	VEDOUČÍ	Doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.	DAVID STANĚK	
AKCE :	DIPLOMOVÁ PRÁCE			FORMÁT	
OBSAH :	PŮDORYS DATOVÉHO CENTRA 1.PP + KOTELNA OBJEKTU C			MĚŘÍTKO	-
				DATUM	19.05.2019
				Č. VÝKR.	D.1.4.03

← okruh datového sálu | okruh kotelny →



LEGENDA

- | | | | |
|--|-------------------------------------|--|--|
| | Server (zdroj tepla) | | SCH Suchý chladič - Günther GFHV WD 100.20F/22A-62 |
| | Čerpadlo | | V1 Výměník - SWEP B15Tx57/2P |
| | Filtr | | EXP1 Expanzní nádoba - Regulus HW002 |
| | Vypouštění | | Č1 Čerpadlo - Wilo Yonos PICO-STG 15/1-13 180 |
| | Zpětná klapka | | RS Racková skříň |
| | Dvoucestný ventil s ručním ovládním | | PV Pojistný ventil - Meibes 1" x 1 1/4" |
| | Dvoucestný ventil s elektromotorem | | Č2 Čerpadlo - Wilo Stratos MAXO 50/0,5-16 PN6/10 |
| | Třícestný ventil s elektromotorem | | EXP2 Expanzní nádoba - Regulus HS025 |
| | Pojistný ventil | | V2 Výměník - SWEP B28x73 |
| | Expanzní nádoba | | R/S Rozdělovač / sběrač |
| | Termostatický regulační ventil | | č.t. Čidlo teploty |
| | Regulátor tlakové diference | | č.p. Čidlo průtoku |

OBOR	Inteligentní budovy	KATEDRA	K125	JMÉNO STUDENTA	
ROČNÍK	2018/2019	VEDOUČÍ	Doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.	DAVID STANĚK	
AKCE :	DIPLOMOVÁ PRÁCE			FORMÁT	
				MĚŘÍTKO	-
				DATUM	19.05.2019
OBSAH :	SCHÉMA NAPOJENÍ DATOVÉHO CENTRA NA OTOPNOU SOUSTAVU			Č. VÝKR.	D.1.4.04

1.PP (B)

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
	SCHODIŠTĚ B1	15,17	3,30	keram. dlažba	omítka, malba	omítka, malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2,97		polyuretan stěrka	omítka, malba	omítka, malba
	VSTUP	2,35	3,10	keram. dlažba	omítka, malba	omítka, malba
	PŘEDSÍŇ	4,28	3,30	keram. dlažba	omítka, malba	omítka, malba
	CHODBA SKLEPY	3,53	3,30	polyuretan stěrka	omítka, malba	omítka, malba
	SKLEP 52	1,67	3,30	polyuretan stěrka	omítka, malba	omítka, malba
	SKLEP 53	1,51	3,30	polyuretan stěrka	omítka, malba	omítka, malba
	SKLEP 54	2,62	3,30	polyuretan stěrka	omítka, malba	omítka, malba
	SKLEP 55	2,36	3,30	polyuretan stěrka	omítka, malba	omítka, malba
	CHODBA SKLEPY	6,61	3,30	polyuretan stěrka	omítka, malba	omítka, malba
	SKLEP 50	1,98	3,30	polyuretan stěrka	omítka, malba	omítka, malba
	SKLEP 51	3,39	3,30	polyuretan stěrka	omítka, malba	omítka, malba
	PARKING B1	522,61		polyuretan stěrka	p. betn	AKU podhled
	VJEZDOVÁ RAMP	35,26		polyuretan stěrka	p. betn	p. betn
	VYMĚŇKOVÁ STANICE	25,73	3,95	polyuretan stěrka	p. betn	p. betn
	RAMP	72,43		polyuretan stěrka	p. betn	p. betn
	RAMP	73,81		polyuretan stěrka	p. betn	p. betn
	SCHODIŠTĚ B2	17,89	4,70	keram. dlažba	omítka, malba	omítka, malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2,97		polyuretan stěrka	omítka, malba	omítka, malba
	STROJOVNA VZT	53,79	3,55	polyuretan stěrka	p. betn	p. betn
	NAHRADNÍ ZDRŮJ	49,47	3,55	polyuretan stěrka	p. betn	p. betn
	SCHODIŠTĚ SO.04	11,09		keram. dlažba	omítka, malba	omítka, malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	3,86		polyuretan stěrka	omítka, malba	omítka, malba
	PARKING B2	800,63		polyuretan stěrka	p. betn	AKU podhled



vedeno do objektu C
vedeno pod zemí

OBOR	Inteligentní budovy	KATEDRA	K125	JMÉNO STUDENTA	DAVID STANĚK	
ROČNÍK	2018/2019	VEDOUČÍ	Doc. Ing. Michal Kabrheil, Ph.D.			
AKCE :	DIPLOMOVÁ PRÁCE				FORMÁT	4XA4
					MĚŘÍTKO	-
					DATUM	19.05.2019
OBSAH :	ZJEDNODUŠENÁ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE VYTÁPĚNÍ OBJEKT B - PŮDORYS I.PP				Č. VÝKR.	D.1.4.05

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B1	SCHODIŠTĚ B1	42,43	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2,97			malba	
	VSTUP	14,9	2,50	keramická dlažba	malba	malba
	KOČÁRKY	4,91	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	CHODBA	18,48	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	ÚKLID	3,36	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	CHODBA SKLEPY	8,31	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 113	1,32	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 114	1,58	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 115	1,58	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 116	1,53	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 117	1,65	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 118	1,7	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 119	1,65	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SERVIS	3,09	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLAD	1,41	2,70	keramická dlažba	malba	malba

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B2	SCHODIŠTĚ A2	14,89	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2,97			malba	
	VSTUP	15,85	2,50	keramická dlažba	malba	malba
	KOČÁRKY	4,92	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 106	1,53	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 107	1,53	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 108	1,44	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 109	1,45	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 110	1,4	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 111	1,41	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLEP 112	1,32	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	CHODBA SKLEPY	8,06	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	ÚKLID	2,93	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SCHODIŠTĚ	9,17	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	CHODBA	14,25	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	SKLAD	2,01	2,70	keramická dlažba	malba	malba

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B1.101	BYT 3+KK	72,53				
1	PŘEDSÍN	7,00	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,59	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	WC	1,48	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	28,58	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	ŠATNA	4,35	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	LOŽNICE	12,32	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	LOŽNICE	12,29	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	KOUPELNA	4,92	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
9	PŘEDZAHŘADKA	37,84		dlažba	obklad	sdk
B1.102	BYT 2+KK	26,15				
1	PŘEDSÍN	4,66	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,80	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA + WC	3,64	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	22,82	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	LOŽNICE	16,05	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	PŘEDZAHŘADKA	42,72		dlažba		
B1.103	BYT 1+KK	50,59				
1	PŘEDSÍN	5,69	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	WC	2,28	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	KOUPELNA	3,48	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	39,14	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	PŘEDZAHŘADKA	17,90		dlažba		
B1.104	BYT 3+KK	64,97				
1	PŘEDSÍN	10,36	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	WC	1,73	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	PRACOVNA	8,25	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	25,70	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	ŠATNA	2,65	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	KOUPELNA	4,11	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
7	LOŽNICE	12,17	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	PŘEDZAHŘADKA	32,96		dlažba		

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B2.101	BYT 3+KK	62,99				
1	PŘEDSÍN	8,50	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	WC	1,95	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	PRACOVNA	8,26	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	25,34	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	ŠATNA	2,65	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	KOUPELNA	4,12	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
7	LOŽNICE	12,17	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	PŘEDZAHŘADKA	38,23		dlažba		
B2.102	BYT 1+KK	51,79				
1	PŘEDSÍN	6,78	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,38	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA + WC	3,43	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	40,20	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	PŘEDZAHŘADKA	45,14		dlažba		
B2.103	BYT 3+KK	74,07				
1	PŘEDSÍN	6,28	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,23	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	WC	1,60	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	28,95	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	ŠATNA	4,34	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	LOŽNICE	13,63	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	LOŽNICE	13,81	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	KOUPELNA	4,23	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
9	PŘEDZAHŘADKA	26,21		dlažba		
10	PŘEDZAHŘADKA	12,24		dlažba		



OBOR	Inteligentní budovy	KATEDRA	K125	JMÉNO STUDENTA	DAVID STANĚK	
ROČNÍK	2018/2019	VEDOUČÍ	Doc. Ing. Michal Kabrheil, Ph.D.			
AKCE :	DIPLOMOVÁ PRÁCE				FORMÁT	4xA4
					MĚŘÍTKO	-
					DATUM	19.05.2019
					Č. VÝKR.	D.1.4.06
OBSAH :					ZJEDNODUŠENÁ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE VYTÁPĚNÍ OBJEKT B - PŮDORYS I.NP	

2.NP

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B1	SCHODIŠTĚ A1	32,98	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2,97			malba	
	CHODBA	18,52	2,70	keramická dlažba	malba	malba

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B1.201	BYT 3+KK	76,85				
1	PŘEDSÍŇ	7,00	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,59	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	WC	1,44	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	30,25	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	ŠATNA	3,36	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	LOŽNICE	13,98	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	LOŽNICE	16,95	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	KOUPELNA	4,28	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
9	BALKON	7,20		dlažba		
10	BALKON	2,75		dlažba		
B1.202	BYT 1+KK	50,07				
1	PŘEDSÍŇ	4,66	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,80	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA	3,57	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	26,00	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	LOŽNICE	14,04	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	BALKON	4,76		dlažba		
B1.203	BYT 2+KK	50,28				
1	PŘEDSÍŇ	5,69	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	WC	2,26	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA	3,48	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	25,67	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	LOŽNICE	13,18	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	BALKON	4,73		dlažba		
B1.204	BYT 2+KK	49,41				
1	PŘEDSÍŇ	5,28	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	WC	1,80	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	KOMORA	1,89	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
4	KOUPELNA	3,51	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
5	OBÝVACÍ POKOJ + KK	23,35	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	LOŽNICE	13,58	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	BALKON	4,58		dlažba		
B1.205	BYT 3+KK	65,52				
1	PŘEDSÍŇ	10,05	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	WC	1,93	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	OBÝVACÍ POKOJ + KK	23,24	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
4	ŠATNA	2,92	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
5	PRACOVNA	8,56	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	KOUPELNA	4,04	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
7	LOŽNICE	14,78	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	BALKON	6,78		dlažba		

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B2	SCHODIŠTĚ A2	25,89	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2,97				
B2.201	BYT 3+KK	65,37				
1	PŘEDSÍŇ	13,16	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,65	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	PRACOVNA	10,25	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
4	KOMORA	1,98	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
5	OBÝVACÍ POKOJ + KK	22,78	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	KOUPELNA	3,14	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
7	LOŽNICE	12,41	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	BALKON	6,48		dlažba		
B2.202	BYT 2+KK	54,61				
1	PŘEDSÍŇ	5,96	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,65	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA	5,38	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	28,30	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	LOŽNICE	13,32	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	BALKON	10,47		dlažba		
B2.203	BYT 2+KK	60,72				
1	PŘEDSÍŇ	7,74	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,38	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA + WC	4,01	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	34,35	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	LOŽNICE	13,24	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	BALKON	11,32		dlažba		
B2.204	BYT 3+KK	78,58				
1	PŘEDSÍŇ	7,55	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,52	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	WC	1,60	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	32,26	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	ŠATNA	4,34	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	LOŽNICE	13,63	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	LOŽNICE	13,35	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	KOUPELNA	4,33	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
9	BALKON	8,32		dlažba		
10	BALKON	2,75		dlažba		



-12°C



OBOR	Inteligentní budovy	KATEDRA	K125	JMÉNO STUDENTA	
ROČNÍK	2018/2019	VEDOUČÍ		DAVID STANĚK	
				Doc. Ing. Michal Kabrheil, Ph.D.	
AKCE :	DIPLOMOVÁ PRÁCE				
					FORMÁT 4xA4
					MĚŘÍTKO -
					DATUM 19.05.2019
OBSAH :	ZJEDNODUŠENÁ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE VYTÁPĚNÍ OBJEKTU B - PŮDORYS 2NP				Č. VÝKR. D.1.4.07

3.NP

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m2)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B1	SCHODIŠTĚ B1	32,96	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2,97			malba	
	CHODBA	18,52	2,70	keramická dlažba	malba	malba

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m2)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B1.301	BYT 3+KK	78,78				
1	PŘEDSÍN	6,84	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,59	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	WC	1,49	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	33,21	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	ŠATNA	3,36	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	LOŽNICE	13,98	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	LOŽNICE	13,97	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	KOUPELNA	4,34	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
9	BALKON	8,70		dlažba		
10	BALKON	2,75		dlažba		
B1.302	BYT 2+KK	49,50				
1	PŘEDSÍN	5,52	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,80	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA + WC	3,64	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	25,00	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	LOŽNICE	13,54	3,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	BALKON	4,76		dlažba		
B1.303	BYT 2+KK	50,01				
1	PŘEDSÍN	5,59	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	2,25	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA + WC	3,48	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	25,44	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	LOŽNICE	13,25	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	BALKON	4,77		dlažba		
B1.304	BYT 2+KK	49,04				
1	PŘEDSÍN	5,17	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	WC	1,98	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	KOMORA	1,85	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
4	KOUPELNA	3,51	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
5	OBÝVACÍ POKOJ + KK	22,95	2,70	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	LOŽNICE	13,58	2,70	lamin. plovoucí	malba	sdk
7	BALKON	4,58		dlažba		
B1.305	BYT 3+KK	65,41				
1	PŘEDSÍN	12,79	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,75	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	PRACOVNA	10,34	2,70	lamin. plovoucí	malba	sdk
4	WC	1,98	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
5	OBÝVACÍ POKOJ + KK	22,97	2,70	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	KOUPELNA	3,14	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
7	LOŽNICE	12,44	2,70	lamin. plovoucí	malba	sdk
8	BALKON	6,49		dlažba		

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m2)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B2	SCHODIŠTĚ A2	25,05	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2,97			malba	
B2.301	BYT 3+KK	65,03				
1	PŘEDSÍN	13,05	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,68	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	PRACOVNA	10,18	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
4	WC	1,98	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
5	OBÝVACÍ POKOJ + KK	22,62	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	KOUPELNA	3,14	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
7	LOŽNICE	12,38	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	BALKON	6,48		dlažba		
B2.302	BYT 1+KK	54,86				
1	PŘEDSÍN	5,95	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,65	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA + WC	5,33	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	41,93	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	BALKON	10,46		dlažba		
B2.303	BYT 1+KK	17,70				
1	PŘEDSÍN	7,64	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,38	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA + WC	3,94	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	4,74	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	BALKON	11,31		dlažba		
B2.304	BYT 3+KK	78,16				
1	PŘEDSÍN	7,39	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,52	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	WC	1,60	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBÝVACÍ POKOJ + KK	31,94	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	ŠATNA	4,35	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	LOŽNICE	13,62	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	LOŽNICE	13,36	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	KOUPELNA	4,38	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
9	BALKON	8,75		dlažba		
10	BALKON	2,75		dlažba		



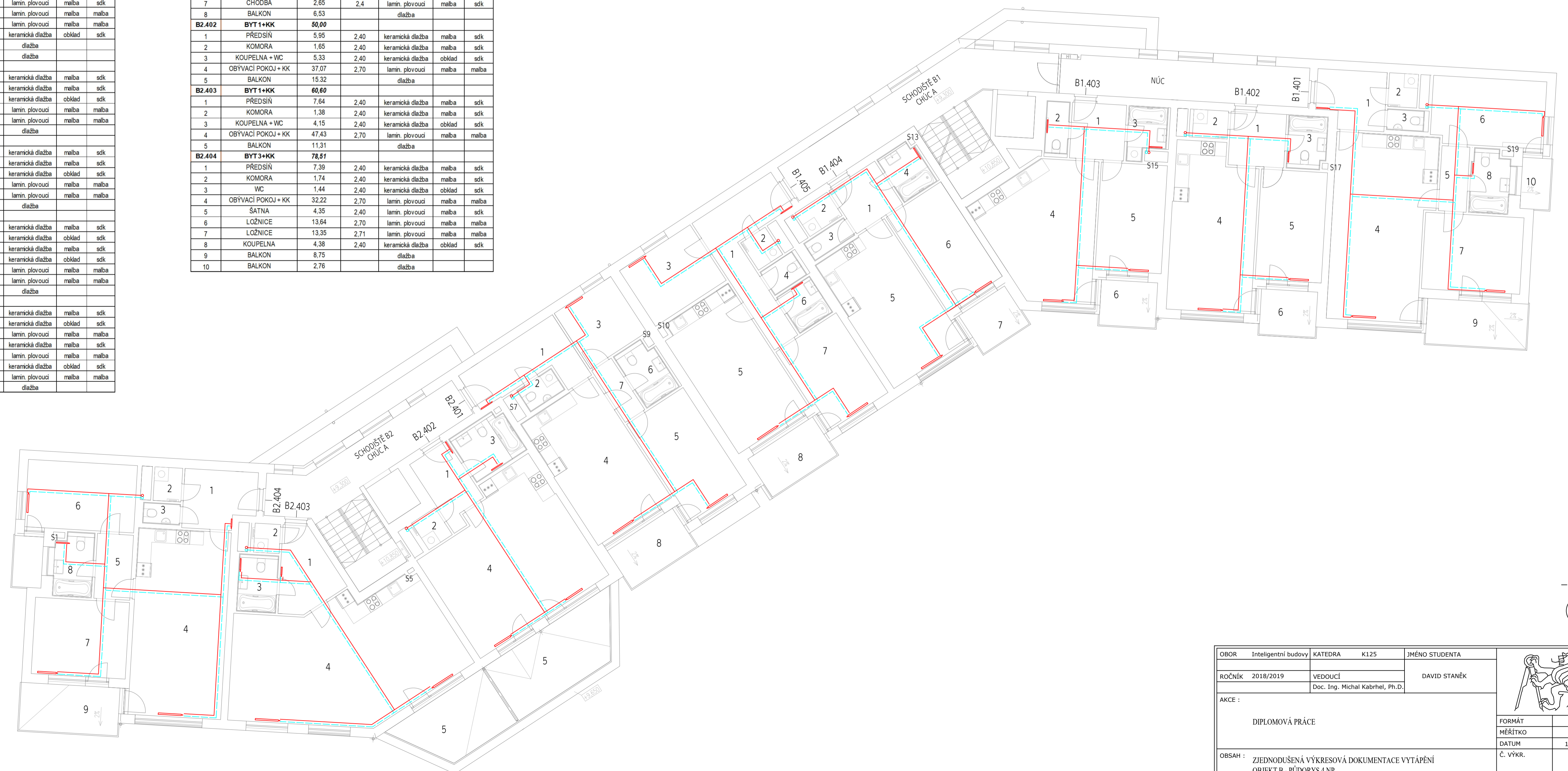
OBOR	Inteligentní budovy	KATEDRA	K125	JMÉNO STUDENTA	
ROČNÍK	2018/2019	VEDOUČÍ		DAVID STANĚK	
				Doc. Ing. Michal Kabrheil, Ph.D.	
AKCE :	DIPLOMOVÁ PRÁCE				
					FORMÁT 4xA4
					MĚŘÍTKO -
					DATUM 19.05.2019
OBSAH :	ZJEDNODUŠENÁ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE VYTÁPĚNÍ OBJEKT B - PŮDORYS 3.NP				
					Č. VÝKR. D.1.4.08

4.NP

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B1	SCHODIŠTĚ B1	33.04	2.70	keramická dlažba	malba	malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2.97			malba	
	CHODBA	18.52	2.70	keramická dlažba	malba	malba

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B1.401	BYT 3+KK	78,95				
1	PŘEDSÍN	6,84	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,81	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	WC	1,49	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	33,18	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	ŠATNA	3,36	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	LOŽNICE	13,98	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	LOŽNICE	13,95	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	KOUPELNA	4,34	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
9	BALKON	8,44				
10	BALKON	2,76		dlažba		
B1.402	BYT 2+KK	49,47				
1	PŘEDSÍN	5,52	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,80	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA + WC	3,64	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	24,97	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	LOŽNICE	13,54	3,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	BALKON	4,72		dlažba		
B1.403	BYT 2+KK	50,02				
1	PŘEDSÍN	5,59	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	2,26	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA+WC	3,48	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	25,44	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	LOŽNICE	13,25	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	BALKON	4,73		dlažba		
B1.404	BYT 2+KK	49,02				
1	PŘEDSÍN	5,18	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,98	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	WC	1,85	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
4	KOUPELNA	3,50	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
5	OBYVACÍ POKOJ + KK	22,93	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	LOŽNICE	13,58	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	BALKON	4,58		dlažba		
B1.405	BYT 3+KK	65,40				
1	PŘEDSÍN	12,79	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,75	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	PRACOVNA	10,34	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
4	WC	1,98	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
5	OBYVACÍ POKOJ + KK	22,97	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	KOUPELNA	3,14	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
7	LOŽNICE	12,43	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	BALKON	6,49		dlažba		

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SV.V. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B2	SCHODIŠTĚ B2	25,86	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2,97			malba	
B2.401	BYT 3+KK	64,81				
1	PŘEDSÍN	10,19	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	WC	1,95	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	PRACOVNA	8,26	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	23,25	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	LOŽNICE	14,40	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	KOUPELNA	4,11	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
7	CHODBA	2,65	2,4	lamin. plovoucí	malba	sdk
8	BALKON	6,53		dlažba		
B2.402	BYT 1+KK	50,00				
1	PŘEDSÍN	5,95	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,65	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA + WC	5,33	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	37,07	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	BALKON	15,32		dlažba		
B2.403	BYT 1+KK	60,60				
1	PŘEDSÍN	7,64	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,38	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA + WC	4,15	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	47,43	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	BALKON	11,31		dlažba		
B2.404	BYT 3+KK	78,51				
1	PŘEDSÍN	7,39	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	1,74	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	WC	1,44	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	32,22	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	ŠATNA	4,35	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	LOŽNICE	13,64	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	LOŽNICE	13,35	2,71	lamin. plovoucí	malba	malba
8	KOUPELNA	4,38	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
9	BALKON	8,75		dlažba		
10	BALKON	2,76		dlažba		



-12°C



OBOR	Inteligentní budovy	KATEDRA	K125	JMÉNO STUDENTA		
ROČNÍK	2018/2019	VEDOUČÍ	Doc. Ing. Michal Kabrheil, Ph.D.	DAVID STANĚK		
AKCE :	DIPLOMOVÁ PRÁCE				FORMÁT	4XA4
					MĚŘÍTKO	-
					DATUM	19.05.2019
OBSAH :	ZJEDNODUŠENÁ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE VYTÁPĚNÍ OBJEKT B - PŮDORYS 4NP				Č. VÝKR.	D.1.4.09

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SVV. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B1	SCHODIŠTĚ B1	14,99	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2,97			malba	

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SVV. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B1.501	BYT 4+KK	109,35				
1	PŘEDSÍN	15,58	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	5,49	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	KOUPELNA	5,38	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	LOŽNICE	15,09	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
5	LOŽNICE	12,22	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	OBYVACÍ POKOJ + KK	36,33	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	LOŽNICE	14,03	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	KOUPELNA+WC	3,88	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
9	WC	1,35	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
10	TERASA	27,47		dlažba		
B1.502	BYT 4+KK	110,36				
1	PŘEDSÍN	6,21	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	WC	2,02	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	OBYVACÍ POKOJ + KK	43,58	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
4	CHODBA	9,64	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
5	KOMORA	2,55	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
6	LOŽNICE	13,03	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	LOŽNICE	12,06	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	KOUPELNA	4,25	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
9	LOŽNICE	12,88	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
10	KOUPELNA	4,14	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
11	TERASA	19,28		dlažba		

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SVV. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B2	SCHODIŠTĚ B2	16,53	2,70	keramická dlažba	malba	malba
	VÝTAHOVÁ ŠACHTA	2,97			malba	

Č.M.	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	SVV. (m)	PODLAHA	STĚNY	STROP
B2.501	BYT 4+KK	105,54				
1	PŘEDSÍN	5,82	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	WC	2,30	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
3	OBYVACÍ POKOJ + KK	39,94	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
4	CHODBA	9,50	2,40	lamin. plovoucí	malba	sdk
5	KOMORA	2,48	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
6	LOŽNICE	12,49	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	LOŽNICE	12,03	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
8	KOUPELNA	4,25	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
9	LOŽNICE	12,88	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
10	KOUPELNA	4,05	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
11	TERASA	19,32		dlažba		
B2.502	BYT 4+KK	87,24				
1	PŘEDSÍN	14,10	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
2	KOMORA	2,30	2,40	keramická dlažba	malba	sdk
3	WC	1,71	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
4	OBYVACÍ POKOJ + KK	35,34	2,70	lamin. plovoucí	obklad	malba
5	LOŽNICE	14,17	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
6	LOŽNICE	13,84	2,70	lamin. plovoucí	malba	malba
7	KOUPELNA	5,88	2,40	keramická dlažba	obklad	sdk
8	TERASA	22,17		dlažba		

pz. - maximální výška O.T. = 300 mm



OBOR	Inteligentní budovy	KATEDRA	K125	JMÉNO STUDENTA	DAVID STANĚK	
ROČNÍK	2018/2019	VEDOUČÍ	Doc. Ing. Michal Kabrheľ, Ph.D.			
AKCE :	DIPLOMOVÁ PRÁCE				FORMÁT	4xA4
					MĚŘÍTKO	-
					DATUM	19.05.2019
OBSAH :	ZJEDNODUŠENÁ VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE VYTÁPĚNÍ OBJEKT B - PŮDORYS SNP				Č. VÝKR.	D.1.4.10