



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**POTENCIÁL ZPĚTNÉHO VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA V
POLYFUNKČNÍM OBJEKTU**

POTENTIAL OF WASTE HEAT RECUPERATION IN A POLYFUNCTIONAL BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Bogdan Nagorskyi

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Bc. Bogdan Nagorskyi**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Technika prostředí
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Potenciál zpětného využití odpadního tepla v polyfunkčním objektu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Snižování energetické náročnosti objektů je nejčastěji prováděno změnami tepelně technických vlastností obálky budovy, což má velice často za následek "utěsnění" obálky budovy a zhoršení vnitřního mikroklimatu v důsledku nedostatečného větrání. Řešením je úprava větracího systému, která může efekt energetických úspor dále navýšit, pokud je větrací systém doplněn o možnost zpětného získávání (rekuperaci) tepla.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je provést porovnání jednotlivých způsobů větrání se zpětným ziskem tepla. Porovnání bude provedeno na reálném projektu polyfunkčního domu a jeho součástí bude hodnocení technické proveditelnosti, ekonomické zhodnocení a porovnání kladů a záporů jednotlivých variant.

Seznam doporučené literatury:

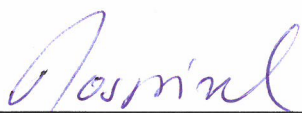
SZÉKYOVÁ, Marta, Karol FERSTL a Richard NOVÝ. Větrání a klimatizace. Bratislava: Jaga, 2006, 359 s., ISBN 80-8076-037-3.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook. 2013, Fundamentals. SI edition. Atlanta: ASHRAE, 2013, ISBN 978-1-936504-46-6.

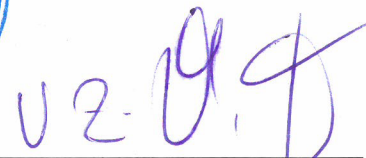
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 26. 10. 2018





doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá možnostmi zpětného získání tepla ve vzduchotechnice. Po důkladném rozboru problematiky jsou jednotlivé způsoby větrání se zpětným ziskem tepla porovnány i při současném provozu zdroje vytápění. Výzkum spočívá ve volbě vhodného větracího zařízení se zpětným ziskem tepla na základě pořizovacích a provozních nákladů. Následně je zvolené větrací zařízení využito pro projekt vzduchotechniky v bytové části polyfunkčního objektu. Projekt je vytvořen v software BIM Revit.

Klíčová slova

Vzduchotechnika, výměník, vytápění, rekuperace, tepelné ztráty, provozní náklady

ABSTRACT

The thesis deals with the possibilities of heat recovery in air ventilation systems. After a thorough analysis of the problems, the different ways of ventilation with the return of heat are compared even during simultaneous operation of the heating source. The research includes the selection of a suitable ventilation device with heat recovery based on a first investment and operating costs. Subsequently, the selected ventilation device is used for the HVAC project in the housing part of the multifunctional building. The project is created in BIM Revit software.

Keywords

Ventilation, heat exchanger, heat recovery, heat loss, operating costs

Bibliografická citace

NAGORSKYI, Bogdan. *Potenciál zpětného využití odpadního tepla v polyfunkčním objektu*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117209>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Jiří Hejčík.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Potenciál zpětného využití odpadního tepla v polyfunkčním objektu vypracoval samostatně a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu literatury.

V Brně dne 20. 5. 2019

Podpis.....

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jiřímu Hejčíkovi Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky využité při napsání této práce.

OBSAH

Úvod	15
1. SOUČASNÉ LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY A NORMY	16
2. ZPĚTNÉ ZÍSKÁNÍ TEPLA VE VZDUCHOTECHNICE	18
2.1 Rozdělení VZT jednotek dle konstrukce výměníku.....	18
2.1.1 VZT JEDNOTKY S REKUPERAČNÍM VÝMĚNÍKEM.....	18
2.1.2 VZT JEDNOTKY S REGENERAČNÍM VÝMĚNÍKEM	20
2.1.3 ZAŘÍZENÍ ZZT S TEPELNÝM ČERPADLEM:.....	21
3. PRAKTICKÉ POUŽITÍ VZT JEDNOTEK V BUDOVÁCH	27
3.1 Centrální průmyslové rekuperační jednotky	27
3.2 Centrální kompaktní rekuperační jednotky	28
3.3 Lokální rekuperační jednotky.....	29
3.4 Technické vlastností a uživatelský komfort.....	30
4. VOLBA VZT JEDNOTEK	31
4.1 Hygienické požadavky	31
4.2 Volba VZT jednotek s protiproudými výměníky	32
4.3 Volba VZT jednotky s rotačním výměníkem	36
4.4 Volba VZT jednotky s chladicím okruhem	37
4.4.1 VÝPOČET DISPONABILNÍHO TEPELNÉHO VÝKONU	39
4.4.2 VOLBA CHLADIVA	41
4.4.3 NÁVRH KOMPRESORU.....	41
4.4.4 NÁVRH VÝPARNÍKU.....	43
4.4.5 NÁVRH KONDENZÁTORU	44
4.4.6 CHLADIVOVÝ OKRUH TČ	45
4.4.7 NÁVRH VENTILÁTORU	46
5. TECHNICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ VZT JEDNOTEK SE ZZT.....	49
5.1 Výpočet tepelných ztrát	49
5.2 Simulace provozu centrálních kompaktních bytových VZT jednotek.....	53
5.2.1 VÝPOČET ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ	54
5.2.2 SIMULACE PROVOZU KOMPAKTNÍCH VZT JEDNOTEK + $\dot{U}_{T_{ELE}}$	57
5.2.3 SIMULACE PROVOZU KOMPAKTNÍCH VZT JEDNOTEK + $\dot{U}_{T_{TČ}}$	58
5.3 Simulace provozu centrální VZT jednotky s rotačním výměníkem ZZT.....	60
5.3.1 VÝPOČET ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ	61

5.3.2	SIMULACE PROVOZU CENTRÁLNÍ VZT JEDNOTKY + $\dot{U}T_{ELE}$	64
5.3.2	SIMULACE PROVOZU CENTRÁLNÍ VZT JEDNOTKY + $\dot{U}T_{T\check{C}}$	64
5.4	Simulace provozu centrální VZT jednotky s TČ vzduch–vzduch	66
5.4.1	VÝPOČET ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ	66
5.4.2	SIMULACE PROVOZU VZT JEDNOTKY S TČ + $\dot{U}T_{ELE}$	68
5.4.3	SIMULACE PROVOZU VZT JEDNOTKY S TČ + $\dot{U}T_{T\check{C}}$	68
6.	VOLBA SYSTÉMU VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ	72
6.1	Pořizovací náklady na systémy VZT.....	72
6.2	Pořizovací náklady na systémy ÚT.....	73
6.3	Náklady na údržbu a servis systémů VZT	73
6.4	Náklady na údržbu a servis systémů ÚT	74
6.5	Výpočet nákladů na systémy VZT a ÚT po dobu 15 let.....	75
7.	PROJEKT SYSTÉMU VĚTRÁNÍ	78
7.1	Použité normy a předpisy	78
7.2	Údaje o stavbě, klimatické podmínky	78
7.3	Popis řešení	79
7.3.1	VZT JEDNOTKA.....	79
7.3.2	DISTRIBUČNÍ SÍŤ.....	80
7.3.3	DISTRIBUČNÍ ELEMENTY.....	81
7.3.4	TLAKOVÉ ZTRÁTY A ZAREGULOVÁNÍ	83
7.3.5	HLUK A PROTIHLUKOVÁ OPATŘENÍ	87
7.3.6	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ	90
7.4	Bezpečnostní opatření a ochrana zdraví při práci	91
7.5	Požadavky na související profese	91
7.6	Závěr projektu VZT	92
8.	ZÁVĚR	93

Úvod

Výstavba novostaveb a rekonstrukce budov s použitím kvalitních moderních izolačních materiálů je dnes již samozřejmostí. Ve výsledku mají budovy vysoce izolační vlastností a vzduchově nepropustnou obálku. Zároveň se zpřísnily nároky na systémy větrání i vytápění, které se v době zvyšování cen za energie navrhují s co nejvyšší účinností, často i za cenu větších pořizovacích nákladů.

Původně rozšířené systémy podtlakového větrání v moderních obytných, kancelářských i dalších budovách jsou málo účinné. Vytváření podtlaku v prostoru se už nekompenzuje přívodem vzduchu do místností skrz netěsnosti v obálce. Systém řízeného odvodu vzduchu je účinný jen při otevřených oknech, což je v rozporu s moderními energetickými požadavky a často i s nároky na kvalitu bydlení kvůli pronikání hluku a prachu z venkovního prostoru. Pro zajištění požadované výměny vzduchu a zároveň dodržení nároků na pohodlné bydlení je téměř nevyhnutelná instalace systému větrání s řízeným přívodem a odvodem vzduchu.

Součástí systému větrání s řízeným přívodem a odvodem vzduchu je většinou i systém ZZT (zpětného získání tepla), který umožňuje značně snížit provozní náklady na úpravu vnitřního prostředí. Při neustále se zpříšňujících evropských směrnících o energetické náročnosti budov, je větrání se systémem ZZT je prakticky nutností, aby budova splňovala požadovaná kritéria spotřeby tepla a primární energie.

Vzduchotechnický systém ZZT může být založen na dvou základních principech. Prvním je ohřátí čerstvého studeného nasávaného proudu vzduchu vyfukovaným teplým proudem v regeneračním nebo rekuperačním výměníku. Druhým způsobem je použití tepelného čerpadla pro ohřátí/chlazení čerstvého proudu vzduchu nebo ohřev TUV (teplé užitkové vody), přičemž vzduchotechnický systém může obsahovat pasivní rekuperační/regenerační výměník i chladičový okruh tepelného čerpadla zároveň.

Tato diplomová práce se zabývá porovnáním systémů větrání s různými typy ZZT z hlediska instalačních a provozních nákladů. Porovnány budou technologie pro aplikaci systému větrání v části polyfunkčního domu.

Cílem práce je volba vhodného systému větrání se ZZT, který zajistí požadovanou výměnu vzduchu při minimálních pořizovacích a provozních nákladech. Zvolená technologie je následně použita při návrhu systému větrání v bytovém bloku, který je součástí polyfunkčního objektu.

1. Současné legislativní požadavky a normy.

Současné normy a požadavky na větrání obývacích a kancelářských prostor, škol, školek, sportovních hal, bazénu atd. jsou již dávno známé. Výměna odváděného vydýchaného vzduchu nasávaným čerstvým je dána požadavky na průtok čerstvého vzduchu pro jednoho člověka vykonávajícího konkrétní činnost nebo hladinu maximálně přípustné koncentrace CO₂, popř. hodnotu požadované relativní vlhkosti. Konkrétní hodnoty objemových průtoků a koncentrace látek jsou regulovány na základě např. vyhlášky č. 268/2009 Sb. O technických požadavcích na stavby (vč. změn 20/2012 Sb., 323/2017 Sb.) [1].

Normy regulují kvalitu vnitřního ovzduší, nekladou však důraz na způsob zajištění požadovaných podmínek. Existuje několik základních způsobů zajištění větrání všech typů vnitřních prostor, které se používají v běžné praxi. Jsou to: větrání přirozené (provětrávání, infiltrace, aerace, šachtové větrání), nucené (přetlakové, pouze nucený přívod vzduchu, rovnotlakové, podtlakové, pouze nucený odvod vzduchu), smíšené (hybridní).

Volba způsobu větrání záleží především na možnosti splnění hygienických požadavků.

Dosud nejrozšířenější způsoby větrání, jako podtlakové a šachtové větrání, jsou založeny na principu nasání čerstvého vzduchu netěsnostmi stavebních konstrukcí do místností, kde byl vytvořen podtlak ventilátorem nebo přirozeným odvodem vzduchu vzniklým kvůli rozdílu hustot vzduchu. V době, kdy všechny budovy se navrhují s důrazem na minimalizaci tepelných ztrát, což se v důsledku projeví v téměř dokonalé těsné vnější obálce budovy, většina existujících způsobů větrání již přestává být účinná, nebo účinnost je velmi podmíněná. Otevřená okna nebo větrací mřížky v oknech nebo fasádách sice pomáhají přirozenému oběhu vzduchu, ale markantně zvyšují tepelné ztráty větráním.

Aby v moderních nebo rekonstruovaných budovách byly bezpodmínečně zajištěny hygienické požadavky na kvalitu vnitřního ovzduší, je téměř nezbytná instalace systému nuceného řízeného přívodu a odvodu vzduchu. Systém řízeného přívodu a odvodu vzduchu se aplikuje s použitím větracích jednotek, kde se přiváděný vzduch upravuje na požadované parametry v souladu s hygienickými a tepelnými požadavky.

Použití větracích jednotek je regulováno dalšími nařízeními, jako např. nařízením komise (EU) č. 1253/2014 ze dne 7. července 2014, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, určující požadavky na ekodesign větracích jednotek.

Mezi požadavky na jiné než obytné budovy, můžeme např. najít požadavek na povinný systém regulace otáček ventilátoru v rozmezí 125 W až 500kW nebo informaci, že od 1. ledna 2016 „Všechny obousměrné větrací jednotky musí mít systém zpětného získávání tepla [2]. Můžeme ale očekávat, že během nejbližších let se požadavek na zpětné získání tepla (dále ZZT) rozšíří i na obytné budovy.

Další evropská směrnice, konkrétně evropská směrnice o energetické náročnosti budov je již zaměřená na všechny typy budov a její poslední znění značně zužuje prostor pro volbu možností systémů větrání, jelikož mění princip výpočtu energetické náročnosti budov:

Původní znění 2010/31/EU [3]:

- Energetická náročnost budovy se určuje na základě vypočteného či skutečného množství energie spotřebované za rok za účelem splnění různých potřeb spojených s jejím typickým užíváním a odráží potřebu energie na vytápění a chlazení (tj. energie potřebné k zamezení přehřívání) k udržení předpokládaných teplotních podmínek budovy a potřebu teplé vody v domácnostech.

Nové znění 2018/844/EU [3]:

- Energetická náročnost budovy je určena na základě vypočtené či skutečné spotřeby energie a odráží typickou spotřebu energie pro vytápění prostor, chlazení prostor, přípravu teplé vody, větrání, zabudované osvětlení a jiné technické systémy budov.

Rozdílnost přístupu spočívá v tom, že kromě energetické spotřeby na vytápění a chlazení se nově bude započítávat i energetická spotřeba všech dalších systémů spojených s každodenním provozem. Aby byly splněny nové zpřísněné požadavky pro zařazení budovy do požadované energetické třídy, musejí být maximálně sníženy energetické výdaje a následně maximálně znovu zužitkovány. Jedním z nemnoha způsobů optimalizace energetických výdajů je rekuperace, tj. zpětné získání energie.

V moderních budovách se dnes často používají systémy větrání se ZZT, které při minimalizaci tepelných ztrát splňují jak energetické, tak i hygienické požadavky. Kvůli zpřísnujícím se energetickým normám jak v ČR, tak i v dalších státech EU, nárůstu cen energie a zároveň zachování přijatelné kvality vnitřního ovzduší, nutnost instalace větracího systému s řízeným přívodem, odvodem vzduchu a ZZT do moderních budov nebo budov po rekonstrukci je téměř nediskutabilní. Navíc trend vývoje evropské, a tedy i české legislativy vede k tomu, že systémy větrání bez ZZT mohou být v budoucnu i zcela zakázány.

S ohledem na reálný stav současného vývoje stavebnictví, legislativy a požadavků reálných zákazníků je tato diplomová práce zaměřena na porovnání systémů větrání pouze s řízeným přívodem i odvodem vzduchu a ZZT.

2. Zpětné získání tepla ve vzduchotechnice

Zařízení pro zpětné získání tepelné energie ve vzduchotechnice se používají již delší dobu, jejich vývoj ale nekončí a na trhu se neustále objevují novinky. Proces zpětného získání tepla se provádí v tepelném výměníku, přes který proudí ohříváná a ochlazovaná média. Některé jednotky se systémem ZZT umožňují zpětné získání nejenom tepla, ale i odváděné vlhkosti.

Vzduchotechnická zařízení se systémem pro ZZT můžeme rozdělit na základní skupiny dle konstrukce výměníků, dle typu větracích jednotek, dle způsobu ZZT atd.

2.1 Rozdělení VZT jednotek dle konstrukce výměníku

V závislosti na způsobu zpětného získávání tepla, základními typy VZT výměníků jsou rekuperační a regenerační.

2.1.1 VZT jednotky s rekuperačním výměníkem

V rekuperačních výměnících dochází k přenosu tepla nepropustnou stěnou výměníku a nedochází ke směšování teplotných medií. Rekuperační výměníky mají zpravidla větší účinnost ZZT, snadnější údržbu a čistitelnost

– Zařízení ZZT s lamelovým výměníkem:

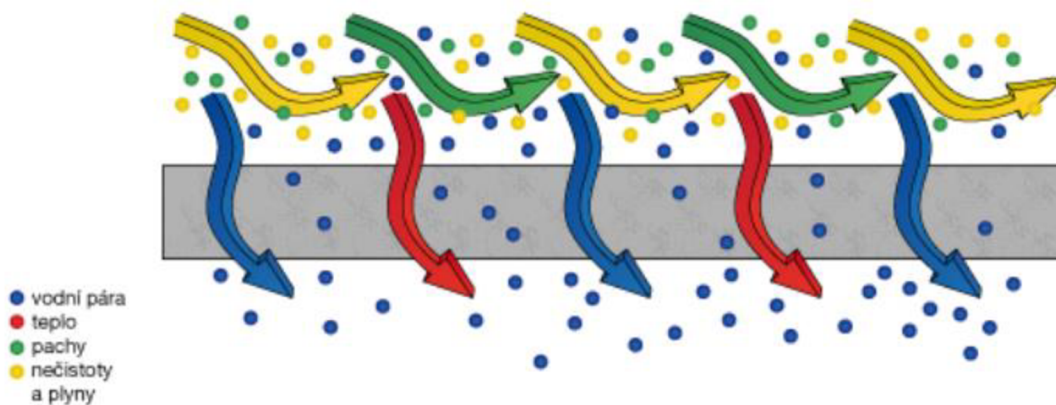
Typickým příkladem jednotek s rekuperačním výměníkem jsou jednotky s křížovým protiproudým lamelovým výměníkem.



Obr. 1 VZT jednotka s lamelovým výměníkem DUPLEX [4]

Jedná se o nejrozšířenější typ použitých výměníků ve VZT jednotkách. Tyto výměníky mají zpravidla nejvyšší účinnost ZZT (až 95 %) za normálních podmínek, jsou snadně vyměnitelné a čistitelné (záleží na typu použitého materiálu). V zimním období účinnost výměníku může rapidně klesnout kvůli tvořící se námraze mezi lamelami. V nejhorším případě může dojít i k nevratnému poškození lamelového výměníku a tím i vyřazení celé VZT jednotky z provozu. Je proto důležité zajistit VZT jednotku s lamelovým výměníkem systémem protimrazové ochrany.

V závislosti na použitém materiálu mohou lamelové výměníky přenášet nejen teplo, ale i vlhkost. Výměníky přenášející vlhkost, tzv. entalpické, jsou konstruovány z membránového materiálu (polymerové membrány nebo polymerizované celulózní membrány), který umožňuje přenos vlhkosti, obsažené v odvodním proudu vzduchu, ale zabraňuje přenosu plynu. Tyto výměníky jsou vhodné obzvláště v zimním období, kdy relativní vlhkost čerstvého vzduchu po ohřevu ve výměníku může klesnout pod hodnotu 20 %.



Obr. 2 Přenos vlhkosti membránou entalpického výměníku [5]

Při přenosu vlhkosti z proudu vyfukovaného vzduchu dochází ke snížení množství kondenzátu, což zmenšuje nároky na předehřev vstupního proudu vzduchu. V důsledku jsou entalpické lamelové výměníky výhodné z hlediska částečného vracení vlhkosti, ale mají zpravidla menší účinnost ZTT a větší výrobní náklady, kvůli použitým materiálům.

– Zařízení ZTT s okruhem teplotnosného média:

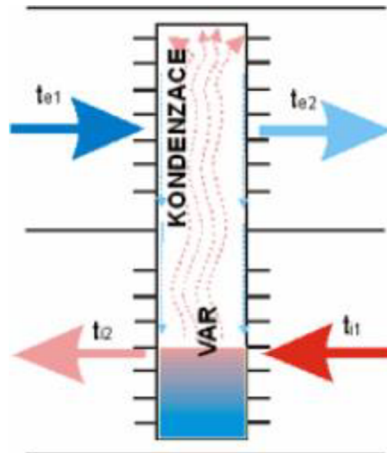
Rekuperačními výměníky jsou i jednotky s tepelnými okruhy, kde za pomoci další teplotnosné látky dochází k předání tepla mezi dvěma medii. Výhodou výměníku s okruhem teplotnosného média je skutečnost, že přívodní a odvodní potrubí mohou být od sebe vzdálená.

Teplotnosným médiem v přidavném tepelném bývá nejčastěji nemrznoucí směs nebo glykol.



Obr. 3 Schéma kapalinového okruhu ve VZT jednotce [6]

Dalším typem rekuperačního výměníku s přídatným okruhem teplotnosného média je výměník s tepelnými trubicemi, který zpravidla musí být umístěn vertikálně (novější typy s kapilárními trubicemi dovolují i horizontální umístění). Základním principem tohoto systému ZZT je přirozený oběh chladiva mezi stranami teplého a studeného média. Dochází tak k intenzivnímu přenosu tepla v důsledku změny skupenství chladiva bez použití dalšího umělého pohonu.



Obr. 4 Schéma zařízení ZZT s tepelnými trubicemi [6]

2.1.2 VZT jednotky s regeneračním výměníkem

V regeneračních výměnících dochází ke střídání teplého a studeného média v určité části teplo zprostředkujícího elementu, přičemž může dojít ke smíšení části teplotnosných medií nebo jejich komponent.

– Jednotky s rotačním výměníkem:

Typickým příkladem jsou jednotky s rotačním protiproudým výměníkem. ZZT je aplikováno výměníkem pohaněným elektrickým motorem, který při rotaci předává teplo od teplého proudu vzduchu studenému. Jednotky s rotačními výměníky se používají většinou pro střední a vysoké průtoky. Účinnost rotačních výměníků je zpravidla menší než u lamelových. Výhodou rotačních výměníků je menší náchylnost k zamrznutí, na rozdíl od výměníků rekuperačních. Ve spoustě aplikací se vůbec neuplatňuje ochrana proti zamrznutí, navíc jsou nejčastěji vyrobené z hliníkového vinutí, u kterého nedochází k tak snadnému poškození, jako u polymerových lamelových výměníků.



Obr. 5 VZT jednotka H-RD 400-900 EC [7]

Obdobně jako i lamelové výměníky, rotační regenerační výměníky mohou přenášet nejen citelné teplo, ale i vlhkost. Jedná se o tzv. hygroskopické rotory. Hygroskopický rotor je navinut z hliníkové fólie opatřené speciální hygroskopickou vrstvou (silikagel, zeolit), která umožňuje mimo přenosu tepla také přenos vlhkosti, a to s účinností až 90 %. Existuje dva typy hygroskopických rotorů [8]:

- Entalpický rotor:
Jedna vrstva hliníkové fólie je opatřena hygroskopickou vrstvou. Je možná kombinace dle požadované účinnosti přenosu vlhkosti – povrchovaná rovná vrstva nebo povrchovaná rádlovaná vrstva.
- Sorpční rotor:
Obě vrstvy hliníkové fólie jsou pokryty hygroskopickou vrstvou (nejvyšší účinnost přenosu vlhkosti).

– Jednotky s přepínacím výměníkem:

Jednotky s přepínacím výměníkem obsahují dvě akumulární hmoty (akumulátory). Zařízení pracují ve dvou základních režimech:

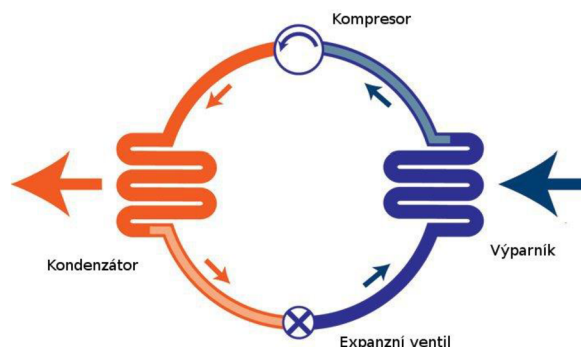
- 1) Teplý odváděný vzduch proudí skrz první akumulátor, čerstvý chladný vzduch současně proudí skrz druhý, již předem ohřátý akumulátor.
- 2) Po vybití druhého akumulátoru (zastavení předání tepla mezi nabitou akumulární hmotou a čerstvým vzduchem) dochází k přepnutí směru proudění vzduchu. Proudění přiváděného a odváděného vzduchu se přepíná střídavě.

Výměníky dosahují jak poměrně vysoké účinnosti ZZT, tak i vlhkosti (50 až 70 %). Konstrukce výměníku je však poměrně složitá a jedná se o rozměrné zařízení. U těchto výměníků prakticky nelze zabránit přenosu škodlivin z odváděného vzduchu do vzduchu přiváděného. Jeho použití je tak značně omezeno.

2.1.3 Zařízení ZZT s tepelným čerpadlem:

Vzduchotechnická tepelná čerpadla mohou být podmíněně zařazena i do kategorie rekuperačních zařízení, jelikož výměníky, použité v jednotkách jsou rekuperační.

Konstrukce VZT jednotky s tepelným čerpadlem je podobná jako u jednotek s kapalinovým okruhem, ale přenos tepla je uskutečněn především změnou skupenství chladiva, které je pohaněno kompresorem.



Obr. 6 Schéma oběhu tepelného čerpadla [9]

Kvůli použití kompresoru jsou vzduchotechnické jednotky s tepelným čerpadlem provozně nejnáročnějším typem jednotek se ZZT. Mají přitom zpravidla nejvyšší tepelný výkon a mohou být použity jak pro ohřev čerstvého vzduchu, tak i pro chlazení. Účinnost tepelných čerpadel se neuvádí klasickým zlomkem množství využitě energie ku spotřebované energii jako u většiny tepelných zařízení, ale násobkem celkové využitě tepelné energie (část, ze které se přivádí z okolního prostředí) ku elektrické energii spotřebované na pohon kompresoru, popř. i pomocných zařízení. Tento teoretický účinnostní parametr je nazýván topným faktorem (COP – Coefficient of Performance) [10].

$$COP = \frac{\Phi}{P_c + P_{aux}} \quad (1)$$

Kde:

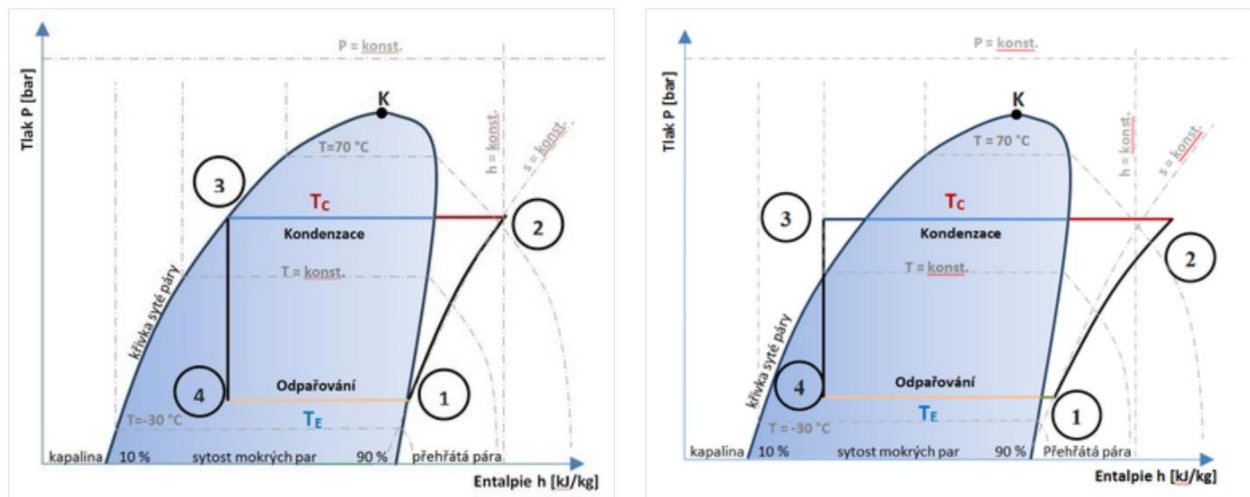
Φ – tepelný výkon tepelného čerpadla [kW];

P_c – elektrický příkon kompresoru [kW];

P_{aux} – elektrický příkon potřebný pro překonání tlakové ztráty výparníku a kondenzátoru, odtávání výparníku a vlastní regulaci tepelného čerpadla [kW].

V některých literaturách je topný faktor COP zahrnující příkon pomocných zařízení P_{aux} je nazýván hrubým topným faktorem a označuje se ε_{Hg} (angl. gross COP). Čistý topný faktor ε_{Hn} (angl. net COP) zahrnuje pouze práci kompresoru P_c , proto je tato definice topného faktoru méně vhodná pro posouzení účinnostní charakteristiky.

Grafické zobrazení termodynamického cyklu je nejčastěji prováděno v P-H diagramech:



Obr. 7 Ideální Rankinův oběh (vlevo) a reálný oběh (vpravo) [11]

Topný faktor (COP) i chladicí faktor (EER) chladicího okruhu tepelného čerpadla můžeme vyjádřit i z P-H diagramů:

$$COP = \frac{Q_{23}}{P_{12}} \quad EER = \frac{Q_{41}}{P_{12}} \quad (2,3)$$

kde

Q_{23} ... energie předaná topnému médiu v kondenzátoru

Q_{41} ... energie přijatá z okolního prostředí do chladiva ve výparníku

P_{12} ... energie dodaná do okruhu kompresorem

Skutečný diagram oběhu chladicího okruhu není univerzální a závisí na parametrech použitých zařízení, účinném přehřátí a podchlazení chladiva.

COP faktor je proměnnou hodnotou, která záleží na množství parametrů: na teplotě vnějšího média a požadované teplotě vnitřního média, náchylnosti výměníku k námraze (hlavně u TČ vzduch-vzduch a vzduch-voda), snížení teploty okolní zeminy (u TČ země-voda) a jiných. Změna parametrů prostředí ovlivňuje kolísání COP faktoru o desítky až stovky procent. Z toho důvodu se kvalitativní porovnání tepelných čerpadel provádí za stejných podmínek. Například, teplotní parametry pro tepelná čerpadla vzduch-vzduch jsou 2 °C pro venkovní vzduch, 35 °C pro ohřivanou vodu.

Tab. 1 Minimální hodnoty COP faktorů TČ dle EHPA [12]

vzduch-voda	A2/W35	COP > 3.1
země-voda	B0/W35	COP > 4.3
voda-voda	W10/W35	COP > 5.1

Hodnoty COP faktorů dle evropské asociace tepelných čerpadel (EHPA) jsou minimálními hodnotami kterých musejí zařízení dosáhnout, aby mohla být uvedena na trh většiny států EU.

V praxi se kvůli velké proměnlivosti teplot venkovního vzduchu, pro tepelná čerpadla vzduch-vzduch počítá s hodnotou sezonního průměrného topného faktoru SCOP, který udává reálnou hodnotu „účinnosti“ tepelného čerpadla za celou topnou sezonu. Podobně jak i u faktoru COP, existuje podmínka minimální hodnoty SCOP faktoru, aby TČ vzduch-vzduch mohly být uvedeny na trh většiny evropských států. Minimální hodnota SCOP dle EHPA stanovuje 3,4 [12]. Pro výpočet SCOP faktoru tepelných čerpadel v různých částech Evropy jsou definovány tři klimatické oblasti, do kterých je Evropa rozdělena [13]:

- průměrná (-10 °C) – odpovídá klimatickým podmínkám města Štrasburk
- teplejší (2 °C) – odpovídá klimatickým podmínkám města Atény
- chladnější (-22 °C) – odpovídá klimatickým podmínkám města Helsinky

Pro konkrétní aplikaci s jinou návrhovou teplotou v otopném období musí být hodnota SCOP přepočítána na aktuální.

Nejčastěji ve vzduchotechnice se používají TČ vzduch-vzduch a vzduch-voda. Zásadním rozdílem je skutečnost, že TČ vzduch-vzduch se používá pro úpravu

přívodního vzduchu, a TČ vzduch-voda se používá pro ohřev vody při využití tepla odváděného vzduchu.

Příkladem použití vzduchotechnického tepelného čerpadla je jednotka VPL 15 od výrobce NILAN, která využívá okruh TČ k ohřevu nebo chlazení přívodního vzduchu, čímž v režimu vytápění nejenom ohřívá vzduch na výpočtovou teplotu v místnosti, ale i na teplotu vyšší, tj. se jedná o jednotku pro teplovzdušné vytápění.



Obr. 8 VZT tepelné čerpadlo NILAN VPL 15 [14]

Dalším typem použití vzduchotechnického tepelného čerpadla je jednotka PKOM4 classic od výrobce PICHLER. Na rozdíl od jednotek typu VPL 15, jednotka PKOM4 využívá teplo odpadního vzduchu jak v okruhu TČ, tak i v klasickém rekuperátoru, což umožňuje provozovat zařízení jak v režimu větrání s pasivní rekuperací, tak i režimu větrání s rekuperací a aktivním ohřevem/chlazením. Dále jednotka využívá druhý nezávislý okruh TČ vzduch-voda pro ohřev TUV. V nízkoenergetických stavbách mohou být podobné aplikace plnohodnotným zdrojem tepla, jelikož tepelný výkon může zcela pokrývat tepelné ztráty.



Obr. 9 VZT tepelné čerpadlo PICHLER PKOM4 classic [15]

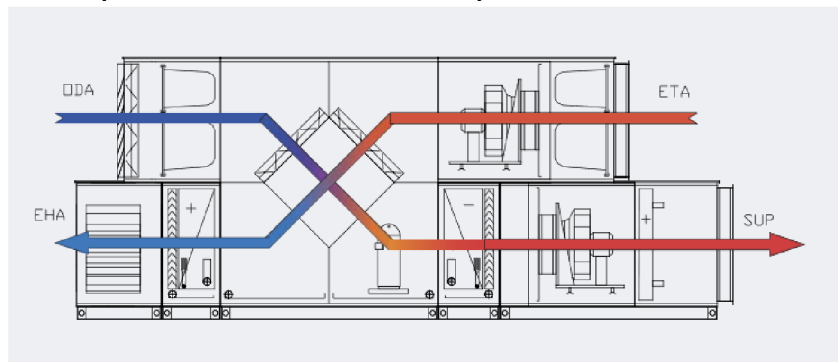
V průmyslových aplikacích jsou používány VZT jednotky jak s okruhem TČ, který je zcela součástí VZT jednotky, tak i jednotky s jedním výměníkem chladicího okruhu a přídatnou kompresorovou jednotkou, která je dodávána zvlášť.



Obr. 10 VZT jednotka s okruhem TČ [16]

Průmyslové jednotky s TČ mohou obsahovat i rekuperační lamelové nebo rotační výměníky ZZT. V jednotkách s výměníkem ZZT a TČ existují dvě základní varianty uspořádání výměníku chladicího okruhu [17]

KONFIGURACE 1 (KONDENZÁTOR ZA ZZT)



Obr. 11 Schéma uspořádání součástí VZT jednotky dle konfigurace 1 [17]

Letní provozní režim jednotky:

Chlazení v letním období je nejprve realizováno pomocí zpětného zisku tepla (chladu) rekuperací a to hlavně v případě, kdy je venkovní teplota vyšší než teplota odváděná z objektu (místnosti). Pokud výkon rekuperace nedostačuje, pak se spouští chlazení pomocí integrovaného chladicího kompresorového okruhu, kde je přívodní vzduch následně ochlazen průchodem přes přímý chladič tepelného čerpadla. Naopak v odvodní části jednotky je po rekuperaci vzduch ještě více ohřát na kondenzátoru a horký odpadní vzduch je odveden do atmosféry. Směšování je v tomto případě zakázáno.

Zimní provozní režim jednotky:

Předeřev čerstvého vzduchu je realizován pomocí zpětného zisku tepla rekuperací. Pokud výkon rekuperace nedostačuje, může se doplnit o směšování odvodního a čerstvého vzduchu. Pokud však nestačí ani tato úprava, pak se spouští ohřev

kondenzátorem kompresorového okruhu. I když je teplota odpadního vzduchu za rekuperací vzduchu již tak dost nízká (někdy i pod 0 °C), stále zůstává množství energie, které lze vzduchu ještě odebrat. A takto odebranou energii pak předat skrze chladivový okruh do přívodního vzduchu skrze kondenzátor. Při chodu tepelného čerpadla je směšování zakázáno.

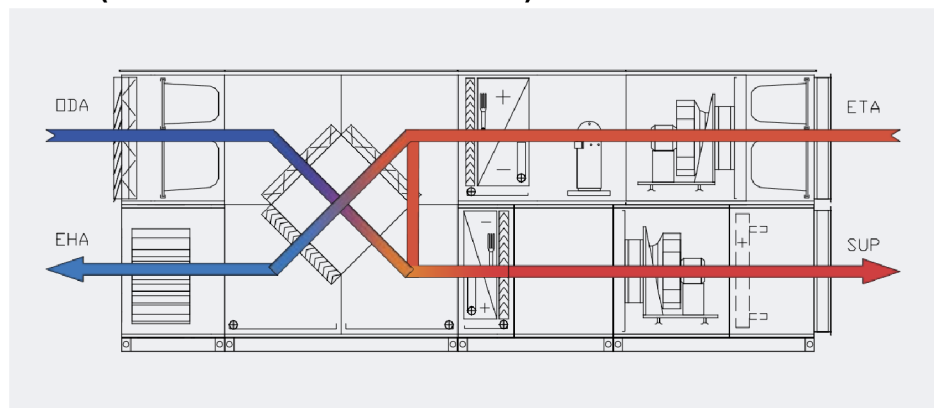
Protimrazová funkce a bivalentní zdroj

Kompresorový okruh je vybaven automatickým systémem odmrazování pomocí reverzace chodu. Z toho důvodu je doporučeno pro případ zimních extrémních teplot, vybavit VZT jednotku bivalentním zdrojem tepelné energie, což bývá nejčastěji vodní nebo elektrický dohřev. Tento zdroj může být použit také v případě, pokud výkon TČ není dostatečný pro požadovanou teplotu přívodního vzduchu.

Výhody a nevýhody

- + Výhodou je maximální vytěžení odpadního tepla (chladu) po celý rok
- Nevýhodou je namrzání v zimních extrémech a nutnost záložního zdroje tepla

KONFIGURACE 2 (KONDENZÁTOR PŘED ZZT)



Obr. 12 Schéma uspořádání součástek VZT jednotky dle konfigurace 2 [17]

Letní provozní režim jednotky:

Chlazení v letním období je nejprve realizováno pomocí zpětného zisku tepla (chladu) rekuperací. Pokud tento způsob chlazení nestačí, pak se otevírá obtok ZZT (případně se ZZT vypíná), vzduch není rekuperován a spouští se chlazení pouze pomocí integrovaného chladicího kompresorového okruhu. Letní chlazení vzduchu je prováděno průchodem přes přímý chladič tepelného čerpadla. Naopak v odvodní části jednotky je vzduchu předáno teplo pouze na kondenzátoru a teplý odpadní vzduch je odveden do atmosféry.

Zimní provozní režim jednotky:

Odvodní vzduch nejdříve odevzdá část tepelné energie přímému chladiči a poté již mírně ochlazený vzduch (někdy i pod 10 °C) prochází rekuperátorem. I když je teplota odvodního vzduchu nižší než obvykle, stále zůstává velké množství energie, které lze rekuperovat. Čerstvý vzduch je tedy nejprve predehřán v rekuperátoru a poté je

následně energie získaná přímým chladičem kompresorového okruhu v odvodu předána přívodnímu vzduchu skrze kondenzátor tepelného čerpadla.

Protimrazová funkce a bivalentní zdroj

V takovéto konfiguraci je velmi nepravděpodobné, že by došlo k namrznání přímého výparníku, a tudíž nemusí být kompresorový okruh vybaven protimrazovou ochranou pomocí reverzace chodu. U této konfigurace také není nezbytně nutné volit bivalentní zdroj energie. Tepelné čerpadlo by mělo pracovat celoročně.

Výhody a nevýhody

- + Výhodou je bezproblémový chod kompresorového okruhu po celý rok
- + Kompresor vždy pracuje v takových teplotách, kdy má tepelné čerpadlo nejvyšší účinnost
- Nevýhodou tohoto systému je absence letního předchlazení pomocí rekuperace

3. Praktické použití VZT jednotek v budovách

Budovy se dělí na bytové, administrativní, vzdělávací, haly (sportovní, výrobní), rekreační atd. Obdobně se dle účelů dělí i vzduchotechnické jednotky. U každého typu budov vznikají odlišné nároky na prostorové umístění, hygienu, investiční a provozní náklady.

Například, v administrativních budovách, které mohou být v provozu i 24 h denně se největší důraz klade na provozní náklady vzduchotechnických a klimatizačních systémů, v bytových jednotkách – na kompaktnost umístění a hygienické parametry (hluk), v bazénech a některých provezech – na kvalitu zpracování a použité materiály. Pokud se jedná o novostavbu nebo rozsáhlou rekonstrukci developerské společnosti, největší důraz se často klade na investiční náklady, jelikož provozní náklady na technologii se většinou nepromítají v cenách nemovitostí. Existují samozřejmě i další předpoklady a omezení, vyplývající z jednotlivých typu VZT jednotek a konkrétních instalací.

3.1 Centrální průmyslové rekuperační jednotky

V centrálních průmyslových VZT jednotkách se provádí úprava vzduchu (filtrace, rekuperace, popř. dohřev/chlazení a vlhčení/odvlhčení) v jednom technologickém celku. Následně upravený vzduch je přiváděn do celé budovy nebo její částí. Vydýchaný vzduch je následně odváděn z místností a je využit k předání částí tepla proudu přívodního vzduchu v rekuperátorech nebo prostřednictvím TČ. Pokud centrální VZT jednotka obsahuje více prvků úpravy vzduchu, umožňujících úpravu vzduchu v celém rozsahu požadavků na tepelnou pohodu, pak se z ní stává klimatizační jednotka. Klimatizační jednotka je tepelným zařízením, které může zajišťovat požadované podmínky zcela samostatně.



Obr. 13 Centrální VZT jednotka JANKA [18]

Průmyslové VZT jednotky existují jak v konkrétních výrobních řadách, tak i konstruovány na míru v závislosti na konkrétním projektu. Většina výrobců má vlastní návrhové software, které se používají při návrhu centralizovaných VZT jednotek. Při zadání požadovaných parametrů a vlastností, kvalitnější software automaticky spočítá návaznosti jednotlivých technologií a nabídne již hotovou VZT jednotku nebo jednotku sestavenou z jednotlivých technologických bloků. Konstrukce centrálních jednotek je proto velmi variabilní. Při změně hygienických nebo tepelných požadavků ve větraných místnostech, mohou být jednotky upraveny i v již namontovaném stavu.

Z důvodu umístění průmyslových centrálních jednotek do venkovního prostoru nebo do větších technických místností, mohou být jednotky kompletovány libovolnými typy výměníků a přídavných prvků.

Právě variabilita sestavení VZT jednotky je velkou výhodou jak při počátečním návrhu vzduchotechniky, tak i kvůli možným záměnám nebo úpravám jednotlivých částí jednotky, zvláště při změně účelů jednotlivých místností, počtu přítomných osob či závislosti chodu jednotky na jiných technologiích, umístěných vedle.

Další výhodou tohoto řešení, kromě zajištění správných hygienických podmínek v celé bytové jednotce nebo domě, je umístění zdroje hluku mimo obydlené místnosti.

3.2 Centrální kompaktní rekuperační jednotky

V novostavbách rodinných bytových domů je také smysluplná instalace centrálních kompaktních vzduchotechnických jednotek, které se instalují pro každý rodinný dům nebo bytovou jednotku zvlášť. Instalace kompaktní jednotky je většinou prováděna ve sníženém podhledu nebo v odděleném prostoru WC nebo koupelny. Pokud to umožňuje velikost bytu, vzduchotechnická jednotka se umísťuje do technické místnosti, která může být i zvukově izolovaná.



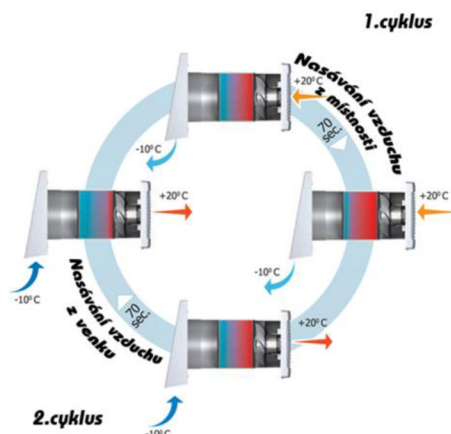
Obr. 14 Umístění VZT jednotky Avent G [19]

Přednostní kompaktních jednotek jsou široká možnost volby zařízení, zcela nezávislý provoz, snadnější údržba, výměna filtrů.

Hlavní nevýhodou kompaktních jednotek, kromě prostorové náročnosti, je hluková zátěž přímo v obývacím prostoru, pokud jednotka není instalovaná ve speciální strojovně. Při vyšších otáčkách ventilátoru může zařízení produkovat nadměrný hluk. Takže se zpravidla nepočítá s dalšími tepelnými okruhy nebo přídavnými výměníky tepla k zajištění dohřátí/chlazení vzduchu. Jednotka proto neslouží k pokrytí tepelných ztrát/zisků a instalace primárního zdroje tepla/chladu je tedy nutností, čímž se zvyšují náklady na celkovou úpravu tepelných podmínek.

3.3 Lokální rekuperační jednotky

Lokální rekuperační jednotky mívají jak rekuperační, tak i regenerační výměníky. Rekuperačními jednotkami jsou jednotky s deskovými protiproudými výměníky, kde sání a výfuk jsou v provozu současně. Regeneračními jednotkami jsou jednotky s přepínacím chodem a jednou akumulací hmotou (většinou z keramiky nebo mědi). Jednotka tak střídá sání a výfuk. Aby bylo zachováno kontinuální rovnotlaké větrání, je doporučeno používat jednotky s regeneračními výměníky v tandemu (dvě jednotky pracující v protichodu).



Obr. 15 Pracovní cyklus akumulací lokální VZT jednotky [20]

Mezi nevýhody použití lokálních rekuperačních jednotek jsou zajištění výměny vzduchu pouze v jedné místnosti, minimální tlumení hluku od ventilátorů, nutnost narušení obálky budovy při instalaci. Použití lokálních rekuperačních jednotek je proto vhodné pouze v případě omezeného rozpočtu a nemožnosti montáže rozvodů VZT potrubí. V jiných případech použití lokálních VZT jednotek nebývá doporučováno.

3.4 Technické vlastností a uživatelský komfort

Reálné projekty vzduchotechniky v různých typech budov ukazují, že s výjimkou lokálních rekuperačních jednotek, použití jak centrálních průmyslových, tak i kompaktních jednotek je běžné.

Rozdíly mezi centrálními průmyslovými a kompaktními VZT jednotkami nejsou jen ve způsobech a možnostech ZZZ, ale i v uživatelských a servisních přístupech.

Čerstvý upravený vzduch dodávaný průmyslovou VZT jednotkou má zpravidla stejné parametry pro všechny větrané místnosti, což bývá výhodné u stejně účelových místností s centrální regulací. Příkladem mohou sloužit kancelářské budovy, kde mikroklima v jednotlivých místnostech má stejné parametry. Funkčnost větrání v jednotlivých místnostech může být regulována škrtkovými klapkami, vyžaduje to ale složitější regulaci, která by měla upravovat výkon VZT jednotky v závislosti na okamžitých požadavcích. Servis jednotky se provádí taky centralizovaně, tudíž uživatel nemusí samostatně kontrolovat provozní nastavení, čistotu filtru atd.

Kompaktní jednotky, které jsou instalovány do jednotlivých bytu nebo místností, mají na sobě zcela nezávislý provoz. Uživatel může volně měnit nejen průtoky v celém objektu nebo jednotlivých místnostech, ale i teplotní parametry, pokud to umožňuje kompaktní centrální VZT jednotka. Kontrola funkčnosti jednotky, čistota filtrů a další parametry jsou již přímou zodpovědností každého jednotlivého uživatele. Pro méně pečlivého uživatele to znamená možnost zmenšení životnosti technologie v důsledku zapomenutého nebo nevhodného preventivního servisu. Navíc decentrální jednotka vyžaduje kvalitnější odhlučnění, jelikož se nachází blízko místa pobytu nebo pracovní činnosti lidí.

Jelikož každý z uvedených typu jednotek má svoje jak klady, tak i zápory z hlediska instalaci, provozu i uživatelského přístupu, porovnání a následná volba vhodného zařízení musí zohledňovat i instalační a provozní náklady, které často bývají nejdůležitějším parametrem při volbě vhodné technologie.

4. Volba VZT jednotek

Předpokladem k volbě VZT jednotky není jen zajištění potřebného vzduchového výkonu, ale i dodržení moderních technických a uživatelských požadavků. V EU, ale i v dalších státech po celé Zemi, jednou z nejrespektovanějších nezávislých institucí zajišťujících výzkum, certifikaci, kontrolu a všeobecný management v oboru moderních odvětví techniky prostředí je německý Passivhaus institut. Většina výrobců vzduchotechnických jednotek se proto snaží mít platný certifikát o zkoušce výrobku nebo minimálně odpovídat prohlášeným Passivhaus institutem parametrům [21].

Hlavní technické parametry pro udělení certifikaci VZT jednotek (platí jak pro vzduchový výkon $< 600 \text{ m}^3/\text{h}$, tak i $>600 \text{ m}^3/\text{h}$) od Passivhaus institut jsou:

- Teplota přívodního vzduchu $\theta_{\text{supply air}} \geq 16,5^\circ\text{C}$
- Účinnost zpětného získání tepla $\eta_{\text{WRG,eff}} \geq 75\%$
- Elektrická účinnost ventilátorů $P_{\text{el}} \leq 0,45 \text{ Wh}/\text{m}^3$
- Vzduchová těsnost jednotky $V_{\text{Leakage}} \leq 3\%$
- Celková spotřeba primární energie $P_{\text{Etotal}} \leq 55 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ *
- Kontrola a kalibrace **
- Filtrace **
- Možnost protimrazové ochrany **
- Akustický výkon a možnosti jeho zmenšení **

* pro systémy vytápění, ohřevu teplé užitkové vody (TUV), větrání, pomocných elektrických přístrojů

** detailní popis kritérií a klíčových parametrů. Konkrétní požadavek na jednotlivé parametry není, avšak jsou minimální hodnoty, které musejí být splněny viz [21].

Zvolený typ větrací jednotky bude použit při návrhu systému vzduchotechniky v bytovém bloku, který je součástí většího developerského stavebního projektu polyfunkčního objektu. Jedná se o šestipodlažní bytový dům, ve kterém jsou rozmístěny 28 bytových jednotek s obytnou plochou 23 až 107 m².

4.1 Hygienické požadavky

Vzduchový výkon jako hlavní parametr vzduchotechnických jednotek je určen příslušnými hygienickými normami. Normy rozlišují dva základní způsoby určení potřebné dodávky čerstvého vzduchu, a to požadavek na větrání z hlediska minimálních doporučených hodnot průtoků čerstvého a odsávaného nebo na základě vyhodnocení koncentrace oxidu uhličitého vyjádřeného v PPM (parts per million). Regulace průtoku na základě vyhodnocení hodnoty PPM oxidu uhličitého však vyžaduje kontinuální monitoring stavu koncentrace CO₂ a tím i složitý systém MaR (měření a regulace), který by měl zahrnovat čidla CO₂ minimálně ve většině obytných místností. Jelikož se jedná o developerský projekt, zdražení projektu VZT o složitější systém MaR nepřichází v úvahu. Z toho důvodu, navržený vzduchový výkon a jeho

regulace musí odpovídat normám minimálních doporučených hodnot průtoků přívodního a odsávaného proudů vzduchu. Nejlépe a nejkompexnějším způsobem jsou tyto požadavky popsány v příloze Z1 normy ČSN EN 15665.

Tab. 2 Požadavky na větrání obytných budov podle národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665 [22]

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h ⁻¹]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [m ³ /(h-os)]	Kuchyně [m ³ /h]	Koupelny [m ³ /h]	WC [m ³ /h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Běžně používaným způsobem výpočtu potřebných průtoků vzduchu je zavedení několika režimů větrání a to denní (100 % běžného vzduchového výkonu), noční (60 % běžného vzduchového výkonu) a nárazový (125 % běžného vzduchového výkonu). Hodnoty větrání odsávaného vzduchu z kuchyně koupelny a WC by při běžném denním režimu větrání činili minimálně 80, 40 a 20 m³/h. I když se jedná o minimální hodnoty, v součtu průtok odváděného vzduchu činí minimálně 140 m³/h nebo 120 m³/h, pokud koupelna a WC jsou společné. Při uvažování typické čtyřčlenné rodiny, množství přiváděného vzduchu by i při použití doporučené hodnoty dávky venkovního vzduchu 25 m³/h činilo jen 100 m³/h. Z důvodu zajištění rovnotlakého stavu v místnosti, vždy musí být větší z hodnot průtoků čerstvého nebo odsávaného vzduchu dorovnána navýšením menšího z průtoků. Tím budou splněny hygienické požadavky větrání při zachování komfortního rovnotlakého stavu.

4.2 Volba VZT jednotek s protiproudými výměníky

Pomocí programu Excel byl proveden výpočet přívodního a odvodního průtoků vzduchu, na základě, kterého byla zvolena příslušná VZT jednotka. Dále s použitím údajů výrobce byly vypočteny provozní parametry jednotky:

- Q_{ZZT} – tepelný výkon zpětného získání tepla
- Q_P – potřebný výkonu předehřevu pro zajištění požadované teploty přívodního vzduchu za předehřevem 0 °C (kvůli eliminaci možnosti zamrznutí části výměníku).
- Q_{ELE} – roční spotřeba elektrické energie (ventilátory). Výpočet byl proveden pro navržené otáčky denního režimu, proto v závislosti na nastaveních jednotlivých uživatelů a počtu zapnutí nárazového režimu, hodnota roční spotřeby energie ventilátory se může nepatrně lišit.

Požadavky na větrání bytu 1+KK

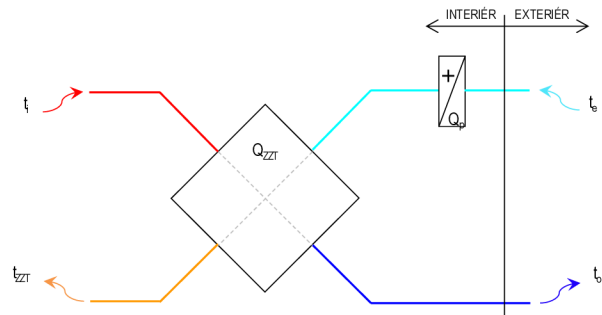
Prvním příkladem výpočtu je určení VZT jednotky pro nejmenší typ bytů 1+KK o rozloze 23 m².

Tab. 3 Výpočet parametrů VZT jednotky v bytové jednotce K.1.2.3

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim			3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,r} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,r} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,r} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,r} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,r} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,r} [m ³ /h]
K.1.2.3.01	Předsaň	1,9	2,650	5,1	21	4,7	24	-	7,9	40	-	31	9,9	50	-
K.1.2.3.02	Koupelna + WC	3,5	2,650	9,3	24	2,6	-	24	4,3	-	40	27	5,4	-	50
K.1.2.3.03	Obyvatelský pokoj + KK	17,5	2,650	46,4	21	1,0	48	48	1,7	80	80	62	2,2	100	100
Celkem:		23	-	61	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předeheřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	61 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	I	2,0 1/h
Tepelný faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 kWh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{vyp}	-12,0 °C
Teplota za předeheřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _s	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZZT}	18,7 °C
Potřebný výkon předeheřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{elE}	315 kWh



Příklad výpočtů teploty vzduchu odváděného z interiéru:

$$t_o = t_i - \Phi \cdot (t_i - t_p) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (4)$$

Kde:

- t_i – teplota vzduchu odváděného z interiéru
- Φ – teplotní faktor zpětného získání tepla (dle údajů od výrobce)
- t_p – teplota vzduchu za předeheřevem

$$3,3 = 22 - 0,85 \cdot (22 - 0)$$

Příklad výpočtů teploty vzduchu přiváděné do interiéru:

$$t_{ZZT} = t_p + \Phi \cdot (t_i - t_p) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (5)$$

Kde:

- t_{ZZT} – teplota vzduchu přiváděného do interiéru
- Φ – teplotní faktor zpětného získání tepla (dle údajů od výrobce)
- t_p – teplota vzduchu za předeheřevem

$$18,7 = 0 + 0,85 \cdot (22 - 0)$$

Příklad výpočtů potřebného výkonu předeheřevu:

$$Q_p = \dot{V}_d \cdot \rho_{vzd} \cdot c_{p,vzd} \cdot (t_p - t_{e,vyp}) \text{ [W]} \quad (6)$$

Kde:

- Q_p – potřebný výkon předeheřevu
- Ṁ_d – vzduchový výkon (denní režim)
- ρ_{vzd} – průměrná hustota vzduchu (1,2 kg/m³)
- c_{p,vzd} – průměrná tepelná kapacita vzduchu (1010 J/kg·K)

t_p – teplota vzduchu za předeheřevem

$t_{e,vyp}$ – výpočtová venkovní teplota [23]

$$484,8 = 120/3600 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (0 - (-12))$$

Příklad výpočtů roční potřeby energie ventilátory (pro výkon denního režimu):

$$Q_{ELE} = 365 \cdot 24 \cdot \dot{V}_d \cdot \eta \quad (7)$$

Kde:

\dot{V}_d – vzduchový výkon (denní režim)

η – elektrická účinnost ventilátorů

$$315,4 = 365 \cdot 24 \cdot 120 \cdot \frac{0,3}{1000}$$

Požadavky na větrání bytu 5+KK

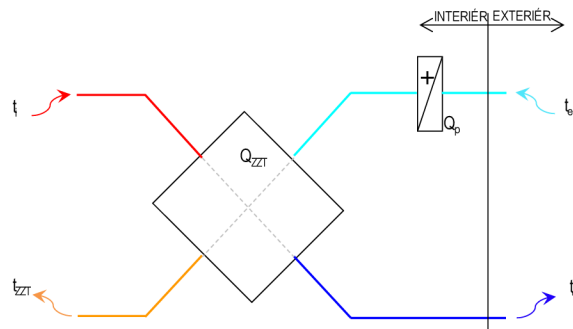
Druhým příkladem výpočtu je určení VZT jednotky pro největší typ bytů 5+KK o rozloze 107 m² (bez uvažování balkonu nebo lodžie).

Tab. 4 Výpočet parametrů VZT jednotky v bytové jednotce K.1.6.2

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim			3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,t} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,t} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,t} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,t} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,t} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,t} [m ³ /h]
K 1.6.2.01	Předšň	15,2	2,800	42,5	21	0,3	-	12	0,5	-	20	-	0,6	-	25
K 1.6.2.02	Pokoj	23,7	2,800	66,5	21	0,4	24	-	0,6	40	-	31	0,8	50	-
K 1.6.2.03	Pokoj	14,9	2,800	41,7	21	0,3	12	-	0,5	20	-	15	0,6	25	-
K 1.6.2.04	Koupelna	3,8	2,800	10,6	24	2,8	-	30	4,7	-	50	34	5,9	-	63
K 1.6.2.05	WC	1,4	2,800	4,0	21	4,5	-	18	7,5	-	30	-	9,4	-	38
K 1.6.2.06	Pokoj	11,5	2,800	32,1	21	0,4	12	-	0,6	20	-	15	0,8	25	-
K 1.6.2.07	Obyvací pokoj + KK	36,5	2,800	102,2	21	0,5	48	48	0,8	80	80	62	1,0	100	100
K 1.6.2.08	Pokoj	13,3	2,800	37,1	21	0,3	12	-	0,5	20	-	15	0,7	25	-
K 1.6.2.09	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.6.2.10	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		107	-	300	-	-	96	108	-	180	180	156	-	225	225

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předeheřevu

1. otáčky - noční režim	60%	108 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	180 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	225 m ³ /h
Větrací objem	O	300 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	I	0,6 1/h
Tepelný faktor zpětného získávání tepla	φ	85%
Spořeba el. energie	0,30	Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{e,vyp}	-12,0 °C
Teplota za předeheřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vylukovaného z domu	t _e	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předeheřevu	Q _p	727 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	1 133 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	473 kWh



Výpočty potřebných vzduchových výkonů pro další bytové jednotky jsou navedeny v příloze I.

Volba VZT jednotek s rekuperačním výměníkem

Na základě vypočtených vzduchových výkonů ve všech 28 bytových jednotkách, byly zvoleny 2 typy centrálních kompaktních VZT jednotek VUT 180 P5B nebo VUT 270 P5B.

VUT 180 P5B – podstropní VZT jednotka s tepelným výměníkem (je možnost volby entalpického), přičemž parametry jednotky plně odpovídají požadavkům Passivhaus institutu [24]:

- Vzduchový výkon Q_v jednotky je až 180 m³/hod při vnějším tlaku 100 Pa (maximální výkon 220 m³/hod při 0 Pa)
- Jednotka je kompletována EC ventilátory
- Účinnost ZZT nad 85 %
- Jednotka je osazena filtry F7 a H4 (H4 a/nebo F7 na přívodu, H4 na odtahu)
- Protimrazová ochrana je vyřešená zastavením přívodního ventilátoru, čímž se teplo odvodního vzduchu spotřebuje na odtání výměníku. Dle tvrzení výrobce, proces odtání podtlakovým větráním trvá 20 až 30 s, proto nedochází k výraznému podtlaku v místnosti. Pro zajištění spolehlivé protimrazové ochrany a zajištění požadované přívodní teploty vzduchu je možná a je žádoucí dodatečná montáž jednotky elektrického předehřevu vzduchu.



Obr. 16 VZT jednotka VUT 180 P5B výrobce VENTS [24]

VUT 270 P5B – nástěnná VZT jednotka s tepelným výměníkem (je možnost volby entalpického), přičemž parametry jednotky plně odpovídají požadavkům Passivhaus institutu [25]:

- Vzduchový výkon Q_v jednotky je až 270 m³/hod při vnějším tlaku 100 Pa (maximální výkon 300 m³/hod při 0 Pa)
- Jednotka je kompletována EC ventilátory
- Účinnost ZZT nad 85
- Jednotka je osazena filtry F7 a H4 (H4 a/nebo F7 na přívodu, H4 na odtahu)
- Protimrazová ochrana je vyřešená zastavením přívodního ventilátoru, čímž se teplo odvodního vzduchu spotřebuje na odtání výměníku. Dle tvrzení výrobce, proces odtání podtlakovým větráním trvá 20 až 30 s, proto nedochází k výraznému podtlaku v místnosti. Pro zajištění spolehlivé protimrazové ochrany a zajištění požadované přívodní teploty vzduchu je možná a je žádoucí dodatečná montáž jednotky elektrického předehřevu vzduchu.



Obr. 17 VZT jednotka VUT 270 P5B výrobce VENTS [25]

Dále byly uvedeny součty tepelných ztrát větráním (Q_V), tepelných výkonů zařízení ZZT (Q_{ZZT}), roční spotřeba elektrické energie ventilátory (Q_{ELE}).

Tab. 5 Součty provozních parametrů centrálních kompaktních VZT jednotek

Podlaží	č. bytu	Přívod/odvod [m ³ /h]	Q _v tep.ztráta [kW]	Q _{ZZT} (-12°C) [kW]	Q _{ELE} (vent) [kWh]	Jednotka		Roční spotřeba energie [kWh]	Roční provozní náklady [kč]
						VUT 180 P5B	VUT 270 P5B		
2.NP	K 1.2.1	120	971	775	347	1	-	602	1806
	K 1.2.2	140	1010	881	368	1	-	702	2106
	K 1.2.3	120	875	755	315	1	-	602	1806
	K 1.2.4	120	875	755	315	1	-	602	1806
	K 1.2.5	120	875	755	315	1	-	602	1806
3.NP	K 1.2.6	140	1010	881	368	1	-	702	2106
	K 1.3.1	120	1061	879	347	1	-	602	1806
	K 1.3.2	140	1010	881	368	1	-	702	2106
	K 1.3.3	120	875	755	315	1	-	602	1806
	K 1.3.4	120	875	755	315	1	-	602	1806
	K 1.3.5	120	875	755	315	1	-	602	1806
4.NP	K 1.3.6	140	1010	881	368	1	-	702	2106
	K 1.4.1	120	1061	879	347	1	-	602	1806
	K 1.4.2	140	1010	881	368	1	-	702	2106
	K 1.4.3	120	875	755	315	1	-	602	1806
	K 1.4.4	120	875	755	315	1	-	602	1806
	K 1.4.5	120	875	755	315	1	-	602	1806
5.NP	K 1.4.6	140	1010	881	368	1	-	702	2106
	K 1.5.1	120	1061	879	347	1	-	602	1806
	K 1.5.2	160	1010	881	368	-	1	802	2406
	K 1.5.3	120	875	755	315	1	-	602	1806
	K 1.5.4	120	875	755	315	1	-	602	1806
	K 1.5.5	120	875	755	315	1	-	602	1806
6.NP	K 1.5.6	160	1153	1007	420	-	1	802	2406
	K 1.6.1	140	1010	881	368	1	-	702	2106
7.NP	K 1.6.2	180	1289	1133	473	-	1	903	2709
	K 1.7.1	120	875	755	315	1	-	602	1806
Součet	K 1.7.2	140	1010	881	368	1	-	702	2106
		3660	27061	23296	9688	25	3	18357	55071

4.3 Volba VZT jednotky s rotačním výměníkem

Na základě vypočítaných hodnot vzduchových výkonů celého objektu (kap. 4.2), které činí 3660 m³/hod byla zvolena VZT jednotka s rotačním výměníkem DUPLEX 5000 Roto-N od společnosti ATREA, která má k dispozici i výkonovou rezervu pro zajištění nárazového větrání. Jednotka má následující tepelně–technické parametry:

- Rotační entalpický výměník
- Maximální vzduchový výkon 5600 m³/hod při vnějším statickém tlaku 500 Pa
- Teplotní účinnost rekuperace (zimní provoz) 80%

- Vestavěný elektrický dohříváč pro zajištění minimální hodnoty teploty přívodního vzduchu 16,5°C
- Otáčky rotoru 10-30 ot/min
- Jednotka je osazena filtry F7 na přívodu a H4 na odtahu, součástí jednotky jsou manostaty kontroly zanesení filtrů

Další parametry jsou uvedeny v příloze II.

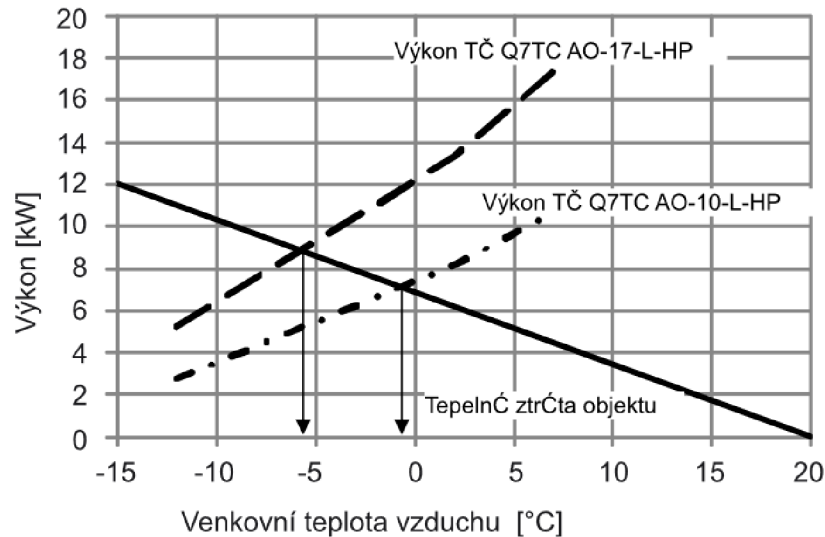


Obr. 18 VZT jednotka DUPLEX 5000 Roto-N od výrobce ATREA [26]

4.4 Volba VZT jednotky s chladicím okruhem

K ohřevu nebo chlazení vzduchu ve vzduchotechnické jednotce jsou nejčastěji používány tepelná čerpadla s reverzibilními okruhy, pokud nejsou přítomny další zdroje tepla nebo chladu. Jeden tepelný výměník je instalován do části přívodního vzduchu do vnitřního prostoru proudu. Druhý tepelný výměník okruhu TČ bývá instalován do venkovního prostoru nebo do proudu odsávaného vzduchu.

Výkon a účinnostní faktory tepelného čerpadla jsou velmi závislé na teplotě vzduchu ve venkovním prostoru. Většina výrobců navíc udává, že bod bivalence (stav, při kterém musí být uveden do provozu podpůrný zdroj tepla k nahrazení sníženého výkonu chladičového okruhu) tepelných čerpadel, jeden z výparníku, kterých se nachází ve venkovním prostředí, nastává při poklesu venkovní teploty přibližně na -4 °C až -7°C. Při poklesu teploty přibližně na -12 °C (u kvalitnějších zařízení na -15 °C) provoz chladičového okruhu tepelných čerpadel může být zcela zastaven.



Obr. 19 Závislost výkonu TČ vzduch-voda na venkovní teplotě vzduchu [27]

Graf závislosti výkonů jednotek Q7TC AO-17-L-HP a Q7TC AO-10-L-HP od výrobce QUANTUMAS názorně ukazuje, že s klesající teplotou venkovního vzduchu a současným zvýšením tepelných ztrát objektu, provoz tepelného čerpadla vzduch-voda přestává být ekonomicky výhodným kvůli klesajícímu účinnostnímu faktoru a zvyšujícímu se výkonu bivalentního zdroje tepla, který je nejčastěji představen elektrickým ohřivačem.

Účinnost zpětného získání tepla vzduchotechnických jednotek, které jsou vybaveny rekuperačním/regeneračním výměníky ZZT a zároveň i okruhem tepelného čerpadla bývá nejvyšší, ale má svoje omezení. Použití protiproudého lamelového výměníku je lepší volbou z hlediska účinnosti, ale vyžaduje vyřešení problému protimrazové ochrany a to buď předehřevem vzduchu (elektricky nebo externím tepelným zdrojem), zastavením přívodu vzduchu po dobu rozmrazení nebo přimíchávání odvodního vzduchu do čerstvého. Žádný z těchto způsobů není vhodný z ekonomického nebo uživatelského hlediska. Lamelový entalpický výměník řeší problém zamrznutí jen částečně, navíc snižuje účinnost ZZT a má velké pořizovací náklady. Alternativou je regenerační rotační výměník, který většinou není náchylný k zamrznutí, ale má menší účinnost ZZT v porovnání s lamelovým.

Z důvodu zamezení vlivu teploty venkovního vzduchu na účinnost a hlavně na chod tepelného čerpadla při nízkých teplotách je výhodnější uspořádání kdy oba dva výměníky jsou součástí VZT jednotky. Navíc, při osazení jednoho z výměníků do proudu odváděného vzduchu, je zaručena maximální výtěžnost odváděného tepla.

Vzhledem k obecným úvahám ale i ke zkušenosti konkrétních výrobců (např. společnosti „MANDÍK Inc.“), uspořádání výměníku TČ, kdy kondenzátor se nachází před výměníkem ZZT (konfigurace 2 – viz kap. 2.1.3, obr. 12) je méně výhodné z hlediska maximální účinnosti zpětného získání tepla z proudu odsávaného vzduchu, avšak právě při tomto uspořádání je zaručený bezproblémový a předvídatelný chod tepelného čerpadla v široké škále venkovních teplot. Při tomto uspořádání však klesá

podíl tepla vráceného proudu čerstvého vzduchu ve výměníku ZZT, jelikož po průchodu výparníkem (v režimu vytápění) klesá teplota odváděného vzduchu a tím klesá i tepelný tok ve výměníku ZZT. V letním období se proud čerstvého vzduchu nepředchlazuje ve výměníku ZZT, ale prochází obtokem, což znamená zvýšení tlakových ztrát při nevyužití technologie.

Volba VZT jednotky je prováděna pro developerský projekt, při kterém se klade důraz nejen na technické parametry, ale i na pořizovací náklady technologie. Vzhledem k náchylnosti k zamrznání, nutnosti záložního zdroje VZT jednotek dle konfigurace 1 a podstatně menšímu významu výměníku ZZT při téměř stejných pořizovacích nákladech dle konfigurace 2, je smysluplné uvažovat o použití VZT jednotky s chladičovým okruhem TČ a bez přídatného výměníku ZZT. Při ochlazení proudu odváděného vzduchu nad teplotu 0 °C je zaručený chod TČ bez zamrznání v režimu vytápění a maximální vytěžení odváděného tepla. V režimu chlazení by již nebyla potřeba zajišťovat VZT jednotku obtokem na straně přívodního vzduchu.

Výhody a nevýhody VZT jednotky s TČ bez výměníku ZZT

- + Spolehlivý provoz při různých venkovních teplotách
- + Bez nutnosti odmrazování
- + Menší tlakové ztráty ve VZT jednotce
- + Menší velikost a váha VZT jednotky
- + Snadnější regulace
- + Nižší cena jednotky (jak vzhledem k menší velikosti, tak i absenci výměníku ZZT)
- Větší provozní náklady (vzhledem k absenci výměníku ZZT)
- Robustnější okruh TČ

Přibližný návrh VZT jednotky s TČ

Za účelem porovnání dvou typu technologií ve vzduchotechnice byl proveden zjednodušený návrh VZT jednotky s TČ. Výsledek návrhu spočívá ve volbě prvků které by mohly být součástí jednotky a určení provozních parametrů, nikoliv v konkrétně navrženém zařízení jako celku vč. regulace a pokynů pro výrobu. Návrh probíhal s důrazem na maximalizaci výkonnostních charakteristik v režimu vytápění při zachování spolehlivého chodu zařízení.

4.4.1 Výpočet disponibilního tepelného výkonu

V první řadě bychom měli znát maximální disponibilní množství tepla, které jsme schopní odebrat proudu odsávaného vzduchu a předat proud čerstvého vzduchu. Tento výpočet byl proveden v programu „VLHKÝ VHDUCH 3.0“, který byl vyvinut na oboru techniky prostředí energetického ústavu VUT v Brně. Z kap. 4.2 můžeme použít již známé hodnoty průtoků vzduchu v jednotlivých režimách větrání. Ve výpočtu byla použita hodnota průtoků vzduchu pro denní režim (100% požadavku na výkon). Takže jednotka by měla být schopna pracovat i při maximálním průtoku nárazového režimu.

Pravděpodobnost, že spínače nárazového režimu budou stisknuté ve všech bytových jednotkách je téměř nulová, nicméně je vhodné, aby jednotka měla dostatečnou vykonovou rezervu. Předpoklady pro výpočet výkonu potřebného pro ochlazení proudu odváděného vzduchu jsou následující:

- Průtok vzduchu 3660 m³/hod
- Teplota odsávaného vzduchu 22°C
- Relativní vlhkost odváděného vzduchu 50%
- Teplota vyfukovaného vzduchu do okolního prostředí 5°C (aby byl zaručen chod technologie TČ bez namrznání zkondenzované vlhkosti na výparníku)
- Teplota varu chladiva (min. teplota chladiče) 2°C
- Atmosferický tlak 100000Pa

Na základě těchto předpokladů byl udělán výpočet vč. grafického zobrazení průběhu chlazení (příloha III).

Tab. 6 Výpočet výkonu potřebného pro chlazení odváděného vzduchu

	stav I	stav II
p [Pa]	100000	100000
t [°C]	22	5
φ [%]	50	91,5
x [g/kg _{s.v.}]	8,3386	5,007
i [kJ/kg _{s.v.}]	43,4116	17,6181
t _m [°C]	15,4021	4,4045
t _r [°C]	11,1112	3,7336
ρ [kg/m ³]	1,1742	1,2484
m _v [kg _{s.v.} /h]	4262,03	4262,03
V [m ³ /h]	3660	3431
Q _{ch} [kW]		-30,5369
m _w [kg/h]		-14,1994

Z výpočtu je patrné, že při denním provozu a vzduchovém výkonu jsme schopni odebrat odváděnému vzduchu výkon 30,5 kW tepla, který pak bude předán proudem čerstvého vzduchu.

Nejdůležitějšími částmi chladicího okruhu TČ jsou kompresor, tepelné výměníky (kondenzátor a výparník) a škrťací element. Jelikož tato diplomová práce nezahrnuje detailní výpočet chladicího okruhu, kompresor a výměníky budou nalezeny výměníky ze aktuálních produkčních řád jednotlivých výrobců. Tyto prvky budou zvoleny s cílem sestavit možnou jednotku chladicího okruhu tepelného čerpadla pro porovnání pořizovacích a provozních nákladů bytových a centrálních větracích systémů. Škrťací element má nejen účinek redukce tlaku, ale i reguláční. Na tepelný výkon ale nemá škrťací element přímý vliv, proto při volbě potřebného zařízení na něj nebyl brán zřetel.

4.4.2 Volba chladiva

Volba chladiva je limitovaná několika faktory. Kromě technických parametrů, jsme dnes omezeni legislativními faktory a nabídkou trhu.

Z hlediska legislativy jsme dnes limitováni volbou vhodného chladiva. Povolení k prodeji a manipulaci s chladivy jsou řízeny vyhláškami Evropského parlamentu a Rady EU). Aktuální nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č.517 se datuje rokem 2014 a určuje mimo jiné směr vývoje povolení a zákazu jednotlivých chladiv dle parametrů ODP (Ozone Depletion Potential) a GWP (Global Warming Potential) tj. potenciálu ničení ozonové vrstvy a potenciálu globálního oteplování.

V současné době se v tepelných čerpadlech používají především chladiva R410A, R407C, R404A a R32. Hodnota potenciálu globálního oteplování uváděna pro chladivo R410A je rovna 2088, pro chladivo R407C je tato hodnota rovna 1774, pro R32 je GWP rovno 675 a pro R404A vychází 3988. Z tabulky fluorovaných skleníkových plynů je patrné, že používaná chladiva mají nižší hodnoty GWP. Vyšší hodnotu má pouze chladivo R404A [28]. Chladivo R32 (difluormetan, CH₂F₂) je azeotropní, což znamená, že chladivo se chová skoro jako čistá kapalina a nemění se složení páry a kapaliny během fázových přeměn. Chladiva řady 4xx projevují naopak zeotropní vlastností (i když vlastností chladiva R410A jsou posouzeny jako kvazi-azeotropní), které spočívají ve velkém rozptylu teplot varu při stejném tlaku, což má za následek neustálenou výkonovou charakteristiku TČ středních a vyšších výkonů.

Většina známých výrobců chladících zařízení, a jejich součástí dnes již nabízí dostatečně širokou škálu výrobků určených pro chladivo R32 (často v unifikaci s chladivem R410A, jehož součástí je chladivo R32).

Jedinou nevýhodou chladiva R32 oproti R407c a R410a je vyšší třída hořlavosti, která je určena dle EN 378/2015 [29]. Chladivo R32 patří do kategorie A2L (nízká hořlavost) v porovnání s R407c a R410a, která jsou v kategorii A1 (téměř nehořlavá, bez šíření plamene). Při splnění všech procesních postupů při výrobě a montáži, třída hořlavosti R32 není omezující podmínkou. Pro chladicí okruh TČ ve VZT jednotce bylo zvoleno chladivo R32.

4.4.3 Návrh kompresoru

Pro volbu vhodného kompresoru byly zkoumány produkční katalogy nejznámějších společností jako BITZER, DANFOSS, COPELAND, FRASCOLD apod. Vybraný kompresor by měl odpovídat následujícím provozním charakteristikám:

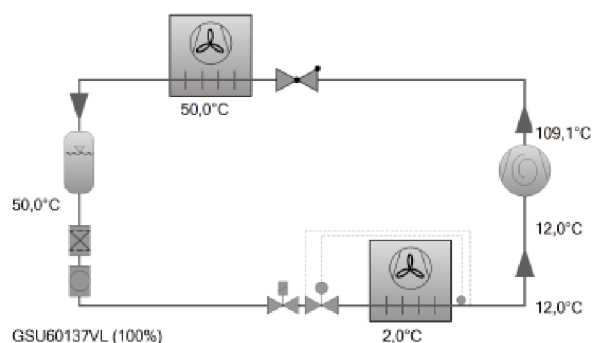
- Chladivo R32
- Teplota varu chladiva 2°C
- Teplota kondenzace chladiva 50°
- Chladicí výkon 30,5 kW

Nejlepší poměr parametrů cena/kvalita/provozní charakteristiky se ukázal u produktu značky BITZER. Pomocí firemního software byla nalezena jednotka GSU60137VL_4 (příloha IV). Jedná se o kompresor typu scroll s plynule řízenými otáčkami motoru.

Selection: Scroll-Compressor

Input Values

Compressor model	GSU60137VL
Refrigerant	R32
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	2,00 °C
Condensing SDT	50,0 °C
Liq. subc. (in condenser)	0 K
Suct. gas superheat	10,00 K
Power supply	400V-3-50Hz
Useful superheat	100%



Result

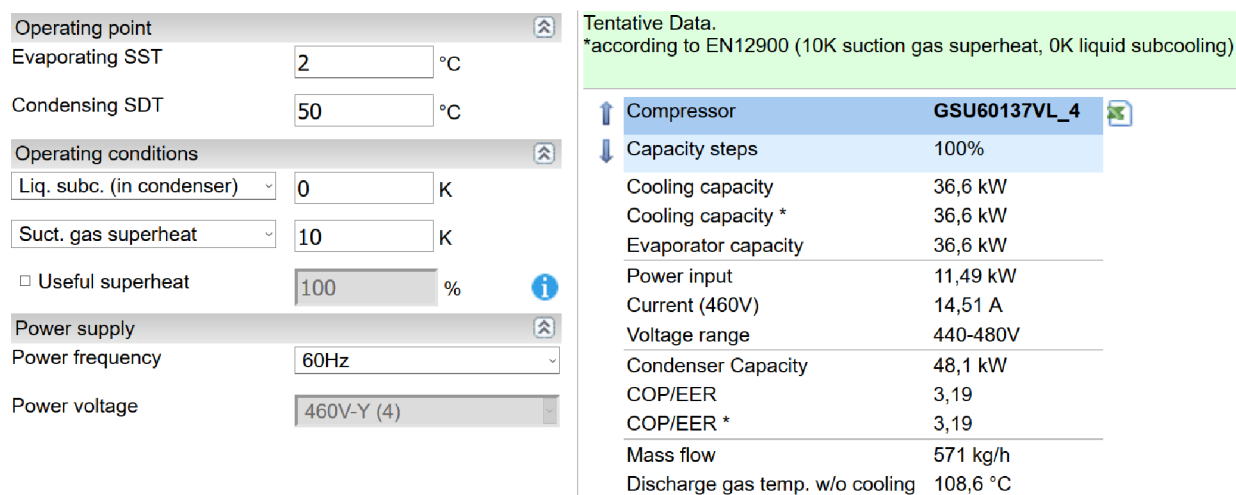
Compressor	GSU60137VL 4
Capacity steps	100%
Cooling capacity	30,5 kW
Cooling capacity *	30,5 kW
Evaporator capacity	30,5 kW
Power input	9,66 kW
Current (400V)	14,10 A
Voltage range	380-420V
Condenser Capacity	40,2 kW
COP/EER	3,16
COP/EER *	3,16
Mass flow	476 kg/h
Discharge gas temp. w/o cooling	109,1 °C

Tentative Data.

*according to EN12900 (10K suction gas superheat, 0K liquid subcooling)

Obr. 20 Provozní parametry kompresoru BIZTER GSU60137VL

Předností zvoleného kompresoru je mimo renomé kvalitního výrobce a vysoké účinnosti i velká regulační výkonová škála. Výkon kompresoru může být řízen jak vypařovací/kondenzační teplotou, tak i změnou otáček pohyblivých částí při konstantních provozních teplotách odpařování/kondenzace. Výkon jednotky byl vypočítán přímo na míru tj. 30,5 kW chladicího výkonu a odpovídá frekvenci elektrického proudu 50 Hz. Například, při změně frekvence do 60 Hz chladicí výkon vzroste na hodnotu 36,6 kW. Tím máme zaručenou výkonovou rezervu, která může být využita při potřebě zvýšených výkonových požadavků a skutečnost, že kompresor nebude pracovat na mezi provozních parametrů, což kladně ovlivňuje jeho životnost.



Operating point	
Evaporating SST	2 °C
Condensing SDT	50 °C

Operating conditions	
Liq. subc. (in condenser)	0 K
Suct. gas superheat	10 K
<input type="checkbox"/> Useful superheat	100 %

Power supply	
Power frequency	60Hz
Power voltage	460V-Y (4)

Tentative Data. *according to EN12900 (10K suction gas superheat, 0K liquid subcooling)	
Compressor	GSU60137VL_4
Capacity steps	100%
Cooling capacity	36,6 kW
Cooling capacity *	36,6 kW
Evaporator capacity	36,6 kW
Power input	11,49 kW
Current (460V)	14,51 A
Voltage range	440-480V
Condenser Capacity	48,1 kW
COP/EER	3,19
COP/EER *	3,19
Mass flow	571 kg/h
Discharge gas temp. w/o cooling	108,6 °C

Obr. 21 Parametry kompresoru BITZER GSU60137VL (60 Hz) (dle BITZER Software v6.9.1 rev2074)

Co se týká provozních charakteristik, které ovlivňují ekonomiku provozu, důležité jsou především faktory COP a EER (rovnice 2). EER faktor (chladičí) kompresoru je při zadaných parametrech přímo udán a jeho hodnota činí 3,16. COP faktor (topný) při zadaných parametrech činí 4,16. Jedná se o čisté topné a chladičí faktory, které nezohledňují účinnostní parametry celého chladivového okruhu.

4.4.4 Návrh výparníku

Chladičí výkon na straně výparníku je 30,5 kW. Aby nedocházelo k možnému podchlazení chladiva, byl nalezen výparník, který má při zadaných parametrech, minimálně stejných výkon, vhodněji však nepatrně vyšší.

Pomocí firemního software „GPC EU“ byl nalezen výparník GHF 045.2H/14-ANW50.E od výrobce GÜNTHER (příloha V) při následujících rozměrových parametrech výměňkové části:

L (délka)	= 1360 mm
H (výška)	= 650 mm
F (hloubka)	= 545 mm
Teplosměnná plocha	= 51,4 m ²
Rozteč lamel	= 4 mm



Výparník		GHF 045.2H/14-ANW50.E Pouze pro výpočet!	
Výkon:	31.0 kW ⁽¹⁾	Chladivo:	R32 ⁽²⁾
Rezerva plochy:	12.7 %	Vyparovací teplota:	2.0 °C
Průtok vzduchu:	4840 m ³ /h	Prehrátí:	10.0 K
Vstupní tepl. vzduchu:	22.0 °C	Kondenzací teplota:	50.0 °C
Výstupní tepl. vzduchu:	8.3 °C	Podchlazení:	50.0 °C
Tlak vzduchu:	1000 mbar		
Ventilátory (AC):	1 ks 1~230V 50Hz		
Údaje pro 1 motor (stítkové hodnoty):		Hladina akust. tlaku:	56 dB(A) v 3.0 m ⁽³⁾
Otáčky:	1360 min ⁻¹	Hladina akust. výkonu:	78 dB(A)
Výkon (mech./el.):	0.30 kW/0.47 kW	Dofuk:	cca. 32 m ⁽⁴⁾
Proud:	2.20 A ⁽⁵⁾	Námraza:	0.0 mm
ErP:	Compliant ⁽⁶⁾		
Celkový el. příkon:	0.50 kW	Energetická třída:	D (2014)
Opláštění: AIMg, Práškové lakováno RAL 9003		Trubky:	Med ⁽⁷⁾
Teplosměnná plocha:	51.4 m ²	Lamely:	Hliník ⁽⁷⁾
Objem:	11.6 l	Tlak, ztráta rozdělovice:	3.2 bar
Rozteč lamel:	4.00 mm	Sání:	28.0 * 1.50 mm
Hmotnost:	70 kg ⁽⁸⁾	Vstup:	16.0 mm
Max. provozní tlak:	32.0 bar	PED classification:	Kategorie II, module A2 ⁽⁹⁾

Obr. 22 Parametry suchého výparníku GHF 045.2H/14-ANW50.E

Zvolený výparník obsahuje i výkonovou rezervu pro případ požadavku na větší výkon. Průtok vzduchu, nasávaného skrz výměník při výkonu 31 kW je přibližně o třetinu vyšší. Vzhledem k relativně malé teplosměnné ploše a velké rozteči lamel pro takovou velikost výměníku, přizpůsobení velikosti výměníku a teplosměnné plochy pro zvolený výkon včetně rezervy, by mělo být snadně realizovatelným.

4.4.5 Návrh kondenzátoru

Topný výkon na straně kondenzátoru má dle předchozích výpočtu minimální hodnotu 40,2 kW.

Pomocí stejného software „GPC EU“ byl nalezen kondenzátor GCHC RD 050.1/11-25-4231369M od výrobce GÜNTHER (příloha VI) při následujících rozměrových parametrech výměňkové části:

L (délka)	= 1284 mm
H (výška)	= 1048 mm
F (hloubka)	= 545 mm
Teplosměnná plocha	= 87,9 m ²
Rozteč lamel	= 2,1 mm



Kondenzátor		GCHC RD 050.1/11-25-4231369M	
Výkon:	40.5 kW	Chladivo:	R32 ⁽¹⁾
Průtok vzduchu:	3246 m ³ /h	Teplota prehratých par:	109.0 °C
Vstupní tepl. vzduchu:	3.6 °C	Kondenzací teplota:	41.7 °C
Tlak vzduchu:	1000 mbar	Výstup kondenzátu:	38.7 °C
		Průtok (prehr. páry):	6.08 m ³ /h
Ventilátory (AC):	1 ks 3~400V 50HzY/(Δ)	Hladina akust. tlaku:	25 dB(A) ⁽²⁾
Údaje pro 1 motor (stříkove hodnoty):		ve vzdálenosti:	10.0 m
Otáčky:	510 min ⁻¹ / (660 min ⁻¹)	Hladina akust. výkonu:	56 dB(A)
Výkon (mech./el.):	0.03 kW/0.09 kW	ErP:	Not relevant ⁽³⁾
Proud:	0.16 A ⁽⁴⁾		
Celkový el. příkon:	0.08 kW	Energetická třída:	A (2014)
Opláštění:	Pozink. ocel, RAL 7035	Trubky:	Med ⁽⁵⁾
Teplosměnná plocha:	87.9 m ²	Lamely:	Hliník ⁽⁵⁾
Objem:	5.3 l	Prípoje (1 výměník):	
Roztec lamel:	2.10 mm	Vstup:	16.0 * 1.00 mm
Pocet tahu:	20	Výstup:	16.0 * 1.00 mm
Hmotnost:	99 kg ⁽⁶⁾	Pocet sekcí:	3
Max. provozní tlak:	46.0 bar	PED classification:	Art. 4, par. 3 ⁽⁷⁾

Obr. 23 Parametry kondenzátoru GCHC RD 050.1/11-25-4231369M

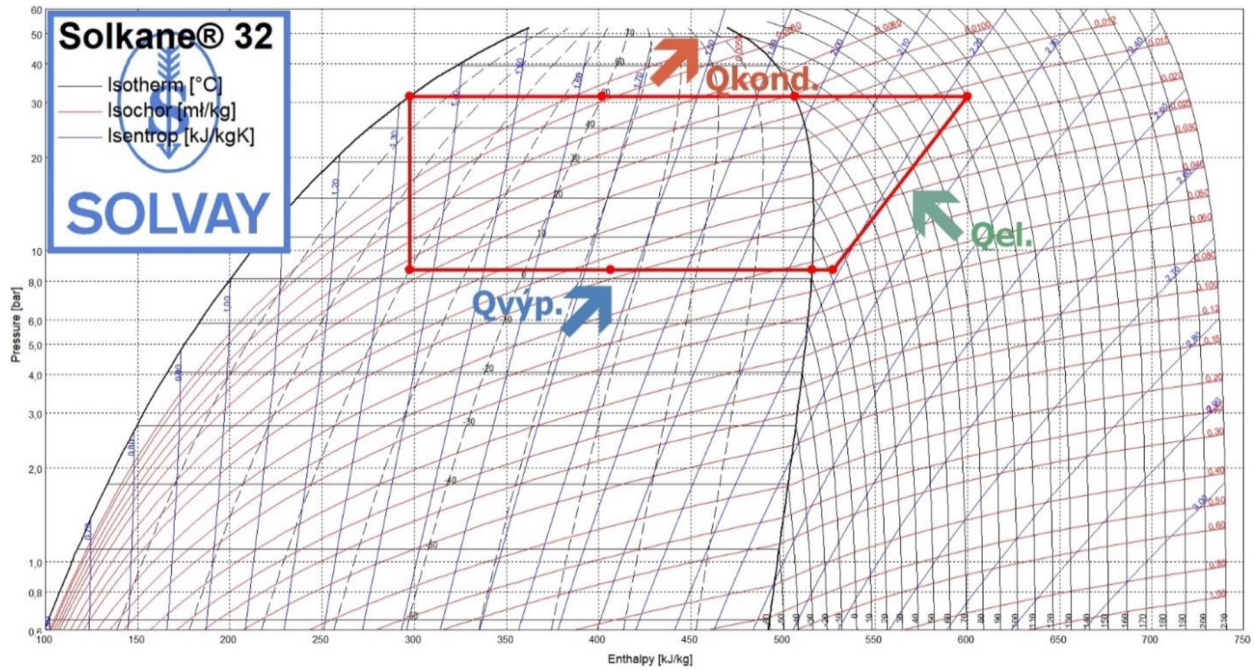
Zvolený kondenzátor odpovídá zadaným výkonovým parametrům i při nižším než skutečném průtoku vzduchu. Reálný kondenzátor by proto mohl být optimalizován například zmenšením teplosměnné plochy a zvětšením roztečí lamel.

4.4.6 Chladivový okruh TČ

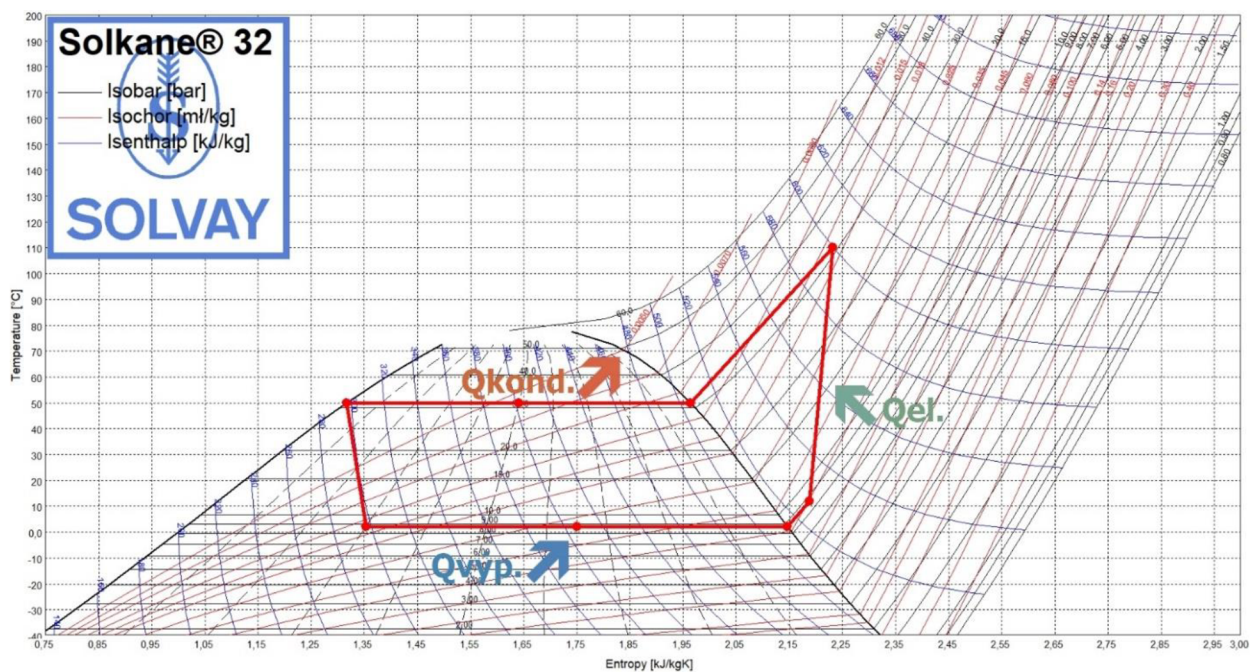
Pomocí návrhového software SOLVAY byly vykresleny grafy P-H a T-S výsledného chladicího okruhu. V diagramech jsou zohledněny výkonové parametry jednotlivých komponent (bez uvažování tlakových spadů na straně chladiva ve výměnících). Grafy proto zohledňují téměř ideální průběhy tepelných procesů v chladivovém okruhu TČ pro chladivo R32.

Parametry chladicího okruhu jsou následující:

- Teplota vypařování chladiva 2°C
- Teplota kondenzace chladiva 50°C
- Teplota přehřátí 10°C
- Teplota podchlazení 0°C
- Výkon výparníku 30,5kW
- Výkon kondenzátoru 40,2kW
- Příkon kompresoru 9,66kW
- Účinnost kompresoru 0,772 (dle výpočtu v software SOLVAY)



Obr. 24 P-H diagram okruhu TČ



Obr. 25 T-S diagram okruhu TČ

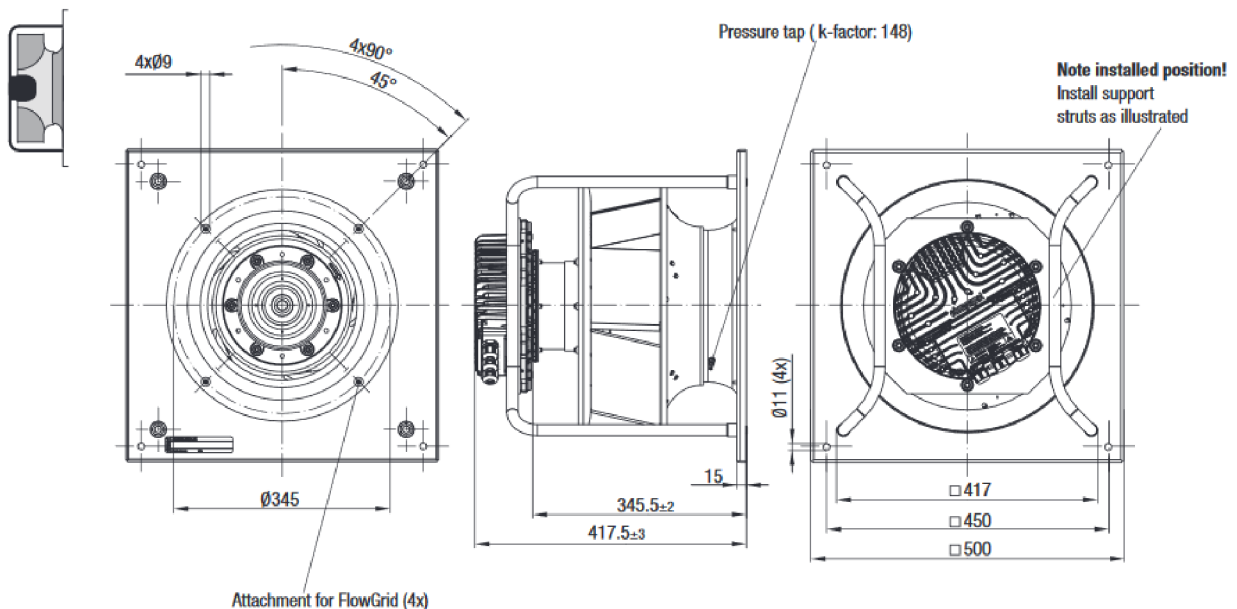
Pomocí diagramů lze přímo odečíst jak jednotlivé výkonnostní parametry, tak i výsledný COP faktor okruhu tepelného čerpadla.

4.4.7 Návrh ventilátoru

Pro ekonomické posouzení VZT jednotky s tepelným čerpadlem musí účinnostní faktor zahrnovat i charakteristiky ventilátoru, jejichž příkon kterých v centrálních VZT jednotkách není zanedbatelný. Většina výrobců VZT zařízení používá radiální

ventilátory z důvodu větších tlakových ztrát ve vzduchovodech. Pro volbu vhodného ventilátoru bychom potřebovali dopředu znát i tlakové ztráty celého VZT systému. Jelikož tlakové ztráty VZT jednotky a vzduchovodů nejsou známy, můžeme udělat předpoklad: tlakové ztráty dobře navrženého systému vzduchotechniky v bytě bývají 25-35 Pa. Při počtu 28 bytových jednotek a s ohledem na relativně malou tlakovou ztrátou VZT jednotky s výměníky TČ, ale bez lamelového nebo rotačního výměníku ZZT, výsledná tlaková ztráta celého systému VZT by mohla být do 800 Pa (tlaková ztráta v jednotce + přívodní/odvodní větve). Zvolený ventilátor by měl být schopen pracovat i při vyšších tlakových ztrátách kvůli zajištění požadovaných parametrů i při zanesených filtrech. Osvědčeným a často používaným výrobcem je společnost EBM Papst, která umožňuje nalezení vhodné jednotky pomocí firemního software „Fan Scout_Product selector“. Základní charakteristiky zvoleného ventilátoru jsou následující:

EC Centrifugal Fan RadiPac K3G355-AY40-02

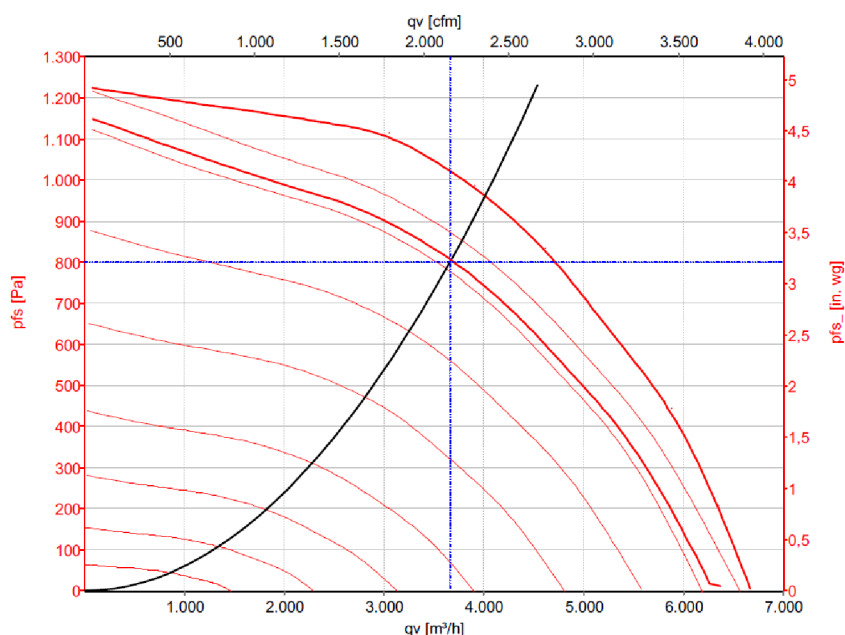


Obr. 26 Ventilátor RadiPac série K3G355 [30]

- $V = 3660 \text{ m}^3/\text{h}$
- $P_{st} = 800 \text{ Pa}$
- $P_{el} = 1353 \text{ W}$
- $\eta_{el} = 62,9 \%$

Data in operating point

q_v	m^3/h	3660
		2154
P_{fs}	Pa	800
P_f	Pa	838
n	min^{-1}	2390
P_{ed}	W	1353
SFP	$kW/(m^3/s)$	1,33
η_{ed}	%	62,9
η_{es}	%	60,1
l	A	2,08
$L_{WA}(A,in)$	dB(A)	79,2
$L_{WA}(A,out)$	dB(A)	85,4
$L_{WA}(A,in+out)$	dB(A)	86,3
$U_{control}$	V	8,1
Settings		
$\rho_{calculated\ to}$	kg/m^3	1,2
$\rho_{measured\ at}$	kg/m^3	1,14



Obr. 27 Diagram charakteristik ventilátoru RadiPac K3G355-AY40-02 (příloha VII)

Jelikož vzduchový výkon VZT jednotky a tedy i příkon ventilátorů jsou celoročně konstantní, roční spotřebu elektrické energie ventilátory můžeme spočítat dle vztahu 7 (pro denní režim):

$$Q_{ELE.} = 2 \cdot 0,862 \cdot 24 \cdot 365 = 15102 \text{ kWh} \quad (7)$$

Účinnost ventilátoru činí 63,4 %. Hodnota ztrát tedy činí přibližně 36,5 %, přičemž lze uvažovat, že celková energie na pohon ventilátoru se celkově přemění na teplo.

Při uvažování ztrátové energie ventilátorů (bez uvažování příkonu ventilátoru na pohon vzduchu), se hrubý topný faktor TČ vzduchotechnické jednotky rovná (dle vztahu 1):

$$\text{gross COP} = \frac{40,2 + 0,862}{9,66} = 4,25 \quad (1)$$

Bez uvažování ztrátové energie ventilátorů a příkonu ventilátoru na pohon vzduchu, se čistý topný faktor TČ vzduchotechnické jednotky rovná (dle vztahu 1):

$$\text{net COP} = \frac{40,2}{9,66} = 4,16 \quad (1)$$

5. Technicko-ekonomické porovnání VZT jednotek se ZZT

Při zhodnocení způsobu ZZT a použití konkrétních technologií je nezbytné použít správnou aplikaci pro konkrétní typ budovy a provozu. Větrací zařízení zpravidla nejsou plnohodnotnými zdroji tepla, proto informace jako typ objektu, počet větraných a vytápěných místností, celkové tepelné ztráty a tepelné ztráty jednotlivých místností jsou důležité i pro volbu primárního nebo bivalentního zdroje tepla, které bude zaručeně pokrývat tepelné ztráty i při nejhorších tepelných podmínkách.

Projekt vzduchotechniky, jak již bylo uvedeno, je aplikován pro bytový blok K1, který je součástí polyfunkčního objektu, jehož výstavba bude provedena v centru města Brno. Součástí bloku K1 je 28 bytových jednotek 1+KK až 5+KK.

Jedná se o objekt napojený na centrální vodovod a rozvod elektrické energie. O napojení na plynovod a horkovod od Brněnských tepláren se neuvažuje.

Pro všechny technologie je elektrická energie primární, proto celkové náklady na provoz technologií závisí především na cenách elektrické energie. Tepelná čerpadla i elektrické přímotopné systémy spadají do stejné kategorie sazby za elektrickou energii D57d (D45d, D56d, D57d). Stavem na rok 2019 cena elektrické energie od společnosti EON činí:

- Cena ve vysokém tarifu (VT) – 2 568 Kč/MWh (vč. DPH) (4 h denně)
- Cena ve nízkém tarifu (NT) – 1 954 Kč/MWh (vč. DPH) (20 h denně)

Při uvažování kontinuálního provozu všech elektrických spotřebičů (tj. bez akumulace přebytečné energie v době nízkého tarifu a částečné odstávky technologie v době vysokého tarifu), průměrná cena 1 kWh elektrické energie činí vážený průměr cen kWh elektrické energie vysokého a nízkého tarifu [31]

$$ELE_{kWh} = \frac{2568 \cdot 4 + 1954 \cdot 20}{24 \cdot 1000} = 2,06 \text{ Kč/kWh} \quad (8)$$

5.1 Výpočet tepelných ztrát

Celkové tepelné ztráty budovy jsou rozdílem mezi tepelnými ztrátami a tepelnými zisky. Ve výpočtu se uvažují ztráty prostupem stavebními konstrukcemi a větráním, vnitřní tepelné zisky a zisky sluneční radiací okny [32].

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \text{ [W]} \quad (9)$$

Kde:

Q_p – tepelná ztráta prostupem tepla [W]

Q_v – tepelná ztráta větráním [W]

Q_z – trvalý tepelný zisk [W]

V této kapitole bude proveden výpočet tepelných ztrát objektu během otopného období, což je období mezi zářím a květnem. Jedná se o přibližný výpočet, nikoliv přesný z důvodu chybějících informací o složení stavebních konstrukcí, použitých materiálů atd.

Výpočet tepelných ztrát prostupem byl proveden v programu TechCON. Výpočet byl proveden pro každou místnost objektu pro minimální venkovní teplotu -15°C . Výsledek byl následně přepočítán na výpočtovou venkovní teplotu pro Brno -12°C . Program počítá tepelné ztráty prostupem obálkovou metodou. Přesné tepelně-technické parametry stavebních materiálů nejsou známe, proto byly použity střední hodnoty moderních stavebních materiálů (příloha VIII).

Výsledné hodnoty tepelných ztrát byly doplněny o tepelné ztráty větráním, které byly součástí výpočtů potřebných vzduchových výkonů (kap. 4.2), průměrné zisky radiací okny a interní tepelné zisky.

Výpočet průměrných měsíčních tepelných zisků okny byl proveden dle návodu ČSN 73 0548 [33], přičemž byly vypočítány průměrné hodnoty jednotlivých měsíců otopného období (září–květen). Při výpočtu byl zavedeny následující předpoklady:

- Čistota atmosféry 0,85 [-]
- U_w oken a dveří (trojsklo) 0,97 $[\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$
- Stínění (vnitřní) 0,5 [-]
- Byly vypočteny tepelné zisky okny pro čas mezi 08:00 a 21:00

Tab. 7 Výpočet tepelných zisků okny

Osluněný prvek	Plocha $[\text{m}^2]$	Průměrné denní tepelné zisky okny $[\text{W}/\text{m}^2]$										
		září	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen		
Skl. dveře menší	5,4	SV	34,4	24,3	15,6	12,8	15,6	24,3	33,6	42,0	46,3	
Skl. dveře větší	7,3	JV	74,0	77,7	61,8	54,3	61,8	77,7	79,5	67,9	58,1	
Okno skl. větší	4,4	JZ	74,9	79,0	63,0	55,3	63,0	79,0	80,5	68,9	58,1	
Okno skl. menší	2,1	SZ	24,0	15,5	12,3	10,7	12,3	15,5	21,3	28,6	34,9	
Číslo bytu	Tepelné ztráty $(22/-12^{\circ}\text{C})$ $[\text{W}]$	Plocha zasklení $[\text{m}^2]$	Orientace	září	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen
Průměrné tepelné zisky okny $[\text{W}]$												
K 1.2.1	1029,4	10,7	JZ	792,5	832,2	661,9	581,6	661,9	832,2	851,4	727,2	622,3
K 1.2.2	1106,9	18,0	JZ/SV	1044,7	1010,3	776,2	675,4	776,2	1010,3	1097,8	1035,1	961,7
K 1.2.3	693,2	4,4	SV	151,7	107,2	68,8	56,4	68,8	107,2	148,2	185,2	204,2
K 1.2.4	1071,9	8,8	SV	303,4	214,3	137,6	112,9	137,6	214,3	296,4	370,4	408,4
K 1.2.5	640,3	5,4	SV	184,2	130,1	83,5	68,5	83,5	130,1	179,9	224,9	247,9
K 1.2.6	1017,2	9,8	JZ/SV	548,0	523,2	399,7	347,2	399,7	523,2	573,9	548,8	515,3
K 1.3.1	824,5	9,8	JZ	722,6	758,7	603,5	530,2	603,5	758,7	776,3	663,0	567,3
K 1.3.2	1088,9	17,1	JZ/SV	1044,7	1010,3	776,2	675,4	776,2	1010,3	1097,8	1035,1	961,7
K 1.3.3	568,6	4,4	SV	151,7	107,2	68,8	56,4	68,8	107,2	148,2	185,2	204,2
K 1.3.4	866,1	8,8	SV	303,4	214,3	137,6	112,9	137,6	214,3	296,4	370,4	408,4
K 1.3.5	514,7	4,4	SV	151,7	107,2	68,8	56,4	68,8	107,2	148,2	185,2	204,2
K 1.3.6	654,5	14,2	JZ/SV	548,0	523,2	399,7	347,2	399,7	523,2	573,9	548,8	515,3
K 1.4.1	1032,3	9,8	JZ	722,6	758,7	603,5	530,2	603,5	758,7	776,3	663,0	567,3
K 1.4.2	1086,1	17,1	JZ/SV	1044,7	1010,3	776,2	675,4	776,2	1010,3	1097,8	1035,1	961,7
K 1.4.3	566,7	4,4	SV	151,7	107,2	68,8	56,4	68,8	107,2	148,2	185,2	204,2
K 1.4.4	867,0	8,8	SV	303,4	214,3	137,6	112,9	137,6	214,3	296,4	370,4	408,4
K 1.4.5	522,3	4,4	SV	151,7	107,2	68,8	56,4	68,8	107,2	148,2	185,2	204,2
K 1.4.6	629,9	14,2	JZ/SV	548,0	523,2	399,7	347,2	399,7	523,2	573,9	548,8	515,3
K 1.5.1	800,9	9,8	JZ	731,4	771,4	615,2	540,0	615,2	771,4	786,1	672,8	567,3
K 1.5.2	1055,9	17,1	JZ/SV	1044,7	1010,3	776,2	675,4	776,2	1010,3	1097,8	1035,1	961,7
K 1.5.3	585,6	4,4	SV	151,7	107,2	68,8	56,4	68,8	107,2	148,2	185,2	204,2
K 1.5.4	857,6	8,8	SV	303,4	214,3	137,6	112,9	137,6	214,3	296,4	370,4	408,4
K 1.5.5	542,1	4,4	SV	151,7	107,2	68,8	56,4	68,8	107,2	148,2	185,2	204,2
K 1.5.6	969,9	14,2	JZ/SV	548,0	523,2	399,7	347,2	399,7	523,2	573,9	548,8	515,3
K 1.6.1	1594,2	25,5	JZ/SV	1380,0	1297,4	984,1	853,0	984,1	1297,4	1439,5	1400,0	1330,9
K 1.6.2	2501,8	41,4	JZ/SV	2430,2	2361,8	1818,6	1583,4	1818,6	2361,8	2556,9	2397,5	2218,0
K 1.7.1	2334,7	20,7	JZ/SV	1321,7	1311,4	1019,0	889,3	1019,0	1311,4	1398,1	1281,2	1162,1
K 1.7.2	2774,8	29,0	JZ/SV	1209,9	1161,1	889,4	772,5	889,4	1161,1	1268,4	1209,9	1127,6
Celkem:	28798,0			18141,5	17124,6	13014,6	11286,0	13014,6	17124,6	18942,2	18353,8	17381,4

Pro výpočet vnitřních tepelných zisků byly zavedeny další předpoklady vnitřního vybavení a výkonů spotřebičů. Informace byla nalezena na stránkách centra pro obnovitelné zdroje a úspory energie EkoWATT [34] a podkladech od výrobce elektrických topných systémů Raychem (příloha IX). Předpokládané hodnoty tepelných výkonů jsou následující:

Tab. 8 Předpokládané měrné tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Zdroj tepla	Měrné tepelné zisky [kWh/rok]
Žárovky 5x15 W_2 h denně	55
Pračka A+_4 cykly týdně – 10 % tepelný výkon do místnosti	18,7
Myčka A+_4 cykly týdně – 10 % tepelný výkon do místnosti	10,9
Chladnička A++	230
El. Sporák (1 h běhu)	730
El. trouba (0,5 h běhu)	365
LCD televize 3 h/denně	237,6
Notebook s příkonem 100 W_2 h denně	37
Vysavač, žehlička fén	500
Muž – 62 W_12 h denně	271,6
Žena 85 % od muže – 52,7W_12 h denně	230,8
Dítě 75 % od muže – 46,5W_12 h denně	203,7

Průměrná vybavenost domácností je málo závislá na množství pokojů a rozloze bytu. Největší elektrické spotřebiče a zdroje tepla, jako jsou sporák, trouba či žehlička, se nejčastěji vyskytují v každé domácnosti jen jednou. Lze tedy počítat, že většina bytů bude mít téměř totožné hodnoty vnitřních tepelných zisků, kromě bytů s největší rozlohou, kde se předpokládá větší množství lidí a tedy i větší tepelné zisky od vnitřních zdrojů. V bytových jednotkách 1+KK a 2+KK se předpokládá mladý pár 1 muž a 1 žena, v bytových jednotkách 3+KK a 4+KK 1 muž, 1 žena a 1 dítě, v bytové jednotce 5+KK 1 muž, 1 žena a 2 děti. Předpokládaná doba pobytu lidí v bytových jednotkách je 12 hodin denně. Výsledné hodnoty tepelných zisků od vnitřních zdrojů jsou uvedeny v tab. 9.

Tab. 9 Výpočet tepelných zisků od vnitřních zdrojů

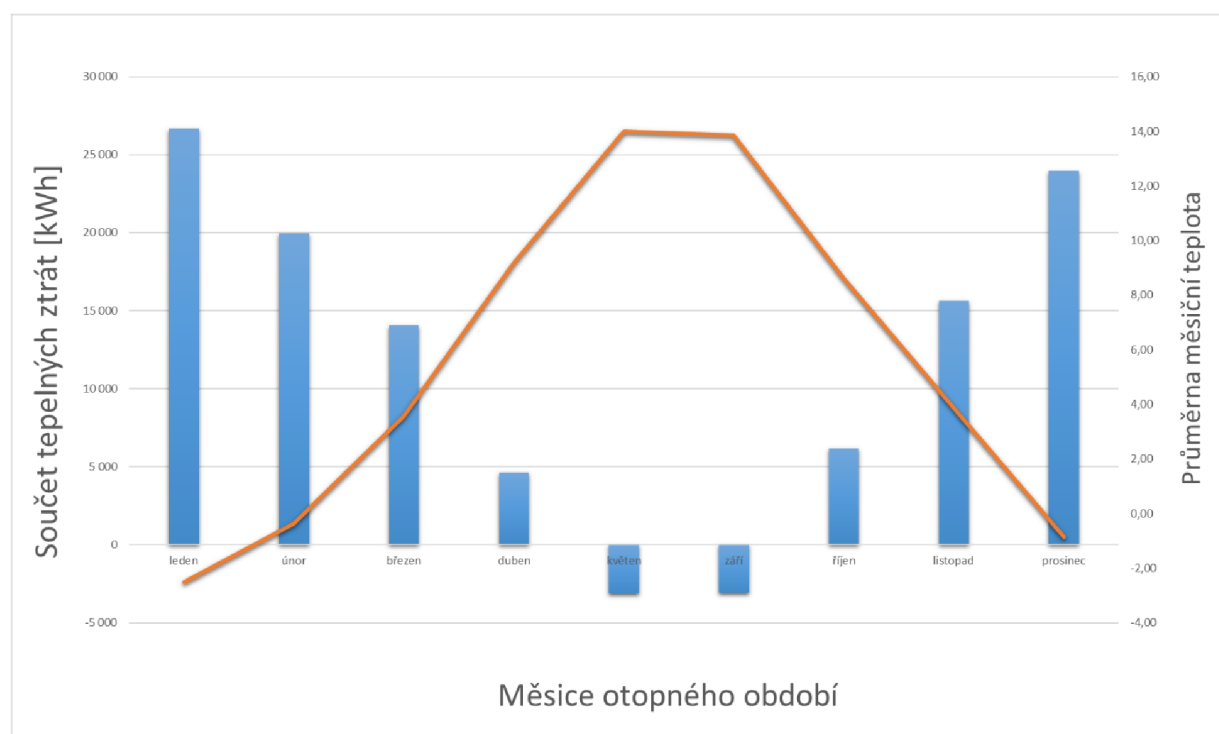
Číslo bytu	Množství získané tepelné energie [kWh/rok]	Tepelné zisky [kW]
K 1.2.1	2357,6	0,27
K 1.2.2	2357,6	0,27
K 1.2.3	2357,6	0,27
K 1.2.4	2357,6	0,27
K 1.2.5	2357,6	0,27
K 1.2.6	2357,6	0,27
K 1.3.1	2357,6	0,27
K 1.3.2	2357,6	0,27
K 1.3.3	2357,6	0,27
K 1.3.4	2357,6	0,27
K 1.3.5	2357,6	0,27
K 1.3.6	2357,6	0,27
K 1.4.1	2357,6	0,27
K 1.4.2	2357,6	0,27
K 1.4.3	2357,6	0,27
K 1.4.4	2357,6	0,27
K 1.4.5	2357,6	0,27
K 1.4.6	2357,6	0,27
K 1.5.1	2357,6	0,27
K 1.5.2	2561,3	0,29
K 1.5.3	2357,6	0,27
K 1.5.4	2357,6	0,27
K 1.5.5	2357,6	0,27
K 1.5.6	2561,3	0,29
K 1.6.1	2357,6	0,27
K 1.6.2	2764,9	0,32
K 1.7.1	2357,6	0,27
K 1.7.2	2357,6	0,27
	66827,1	7,63

Hodnoty tepelných ztrát objektu jsou proměnlivé jak z důvodů změny venkovních teplot a zisků tepla sluneční radiací. Jelikož změna hodnoty tepelných ztrát přímo ovlivňuje potřebu tepla k jejich pokrytí a tudíž i okamžitý tepelný výkon a náklady na provoz primárního nebo bivalentního zdroje tepla, byl proveden simulační výpočet tepelných ztrát během otopného období. Pomocí programu Meteororm [35] byly získány údaje s teplotami za každou hodinu roku 2016 v Brně. V následujících výpočtech byl proveden simulační výpočet tepelných ztrát za každou hodinu otopného období. Vypočtené hodnoty byly vneseny do tabulky, znázorňující součty tepelných ztrát během měsíců otopného období.

Tab. 10 Výpočet tepelných ztrát během měsíců otopného období

Měsíce otopného období	Prům. teplota [°C]	Měsíční tep. ztráty prostupem [kWh]	Měsíční tep.é ztráty větráním [kWh]	Měsíční tep. zisky okny [kWh]	Měsíční zep. zisky intermí [kWh]	Měsíční tep. ztráty celkové [kWh]
leden	-2,50	15 418	22 563	5 648	5 669	26 663
únor	-0,36	13 181	19 048	6 953	5 310	19 966
březen	3,57	11 615	16 347	8 221	5 677	14 064
duben	9,17	7 835	9 993	7 709	5 501	4 619
květen	14,00	5 039	5 065	7 544	5 677	-3 117
září	13,86	4 970	5 057	7 619	5 501	-3 094
říjen	8,61	8 436	10 862	7 432	5 677	6 189
listopad	3,87	11 058	15 538	5 466	5 494	15 636
prosinec	-0,86	13 961	20 272	4 764	5 501	23 968
Celkový součet:		91 513	124 745	61 356	50 007	104 895

Závislost tepelných ztrát na venkovní teplotě je znázorněna v grafu na obrázku č.20



Obr. 28 Graf závislosti součtu tepelných ztrát během měsíců otopného období

Z tab. č.10 je patrné, že průměrné tepelné ztráty větráním jsou větší než ztráty prostupem. Proto je opravdu požadováno použití větracího zařízení s účinným systémem ZZT. Celkové součty měsíčních tepelných ztrát ukazují, že v měsících

květen a září množství získané energie převažuje nad množstvím energie ztracené do okolí, což však neznamená, že i během těchto měsíců není potřeba objekt vytápět. V určitých hodinách, kdy tepelné ztráty převažují nad tepelnými zisky, potřeba ve vytápění zůstává. Po zbytek času je zdroj tepla odstaven.

5.2 Simulace provozu centrálních kompaktních bytových VZT jednotek

Bytové jednotky, které byly zvolené v kapitole 4.2 mají shodné technické parametry, proto lze provádět simulační výpočet pro celou sestavu jako pro jeden celek. Výpočet byl proveden za následujících podmínek:

- Celkový průtok vzduchu – 3660 m³/h
- Průměrná účinnost rekuperace – 85 % (dána výrobcem)
- Teplota odsávaného vzduchu – 22 °C
- Teplota vzduchu po el. předehříváči – min. 0 °C
- Minimální teplota přiváděného vzduchu – min. 16,5 °C
- Elektrická účinnost ventilátorů – 0,3 Wh/m³
- Třída filtrace na přívodu – F7
- Třída filtrace na odvodu – G4

Jednou z důležitých podmínek je minimální teplota vzduchu po předehříváči. Existují dva základní způsoby regulace výkonu elektrického předehříváče. První způsob spočívá v předehřevu vzduchu na minimální teplotu, při které střední teplota mezi teplotou přivodního vzduchu a vyfukovaného vzduchu bude vyšší než 0 °C. Při takovém způsobu využití předehříváče, teplota předehřátého přivodního vzduchu bývá přibližně -2 °C až -2,5 °C pod nulou. Jedná se o energeticky výhodnější způsob, při kterém výkon předehříváče vzduchu je minimální, a výkon rekuperačního výměníku je využit naplno z důvodu využití většího středního logaritmického teplotního rozdílu, daného pro protiproudé výměníky. V praxi ale nejsou ojedinělé případy kdy vzduch neproudí celým mezilamelovým objemem výměníku rovnoměrně, v důsledku čehož střední teplota v některých částech výměníku může být menší než 0 °C. V těchto místech se může tvořit námraza, která se nejen záporně projevuje na tepelně-technických vlastnostech výměníku, ale i na životnosti, může tedy snadno dojít k poškození lamelového výměníku. Z toho důvodu se používá i druhý způsob regulace předehříváče vzduchu a to předehřev vzduchu na hodnotu 0 °C. Jedná se o méně energeticky výhodný způsob předehřevu, ale dostáváme tím zaručený bezpečný chod VZT jednotky v mrazivém počasí. Kvůli bezpečnějšímu chodu VZT jednotky byl zvolen druhý způsob.

Primární zdroj tepla:

Pro zhodnocení vhodností použití typu systému ZZT ve vzduchotechnické jednotce musíme brát zřetel i na primární zdroj tepla, se kterým bude během otopného období systém větrání v provozu současně. Jelikož mezi druhy primární energie je k dispozici

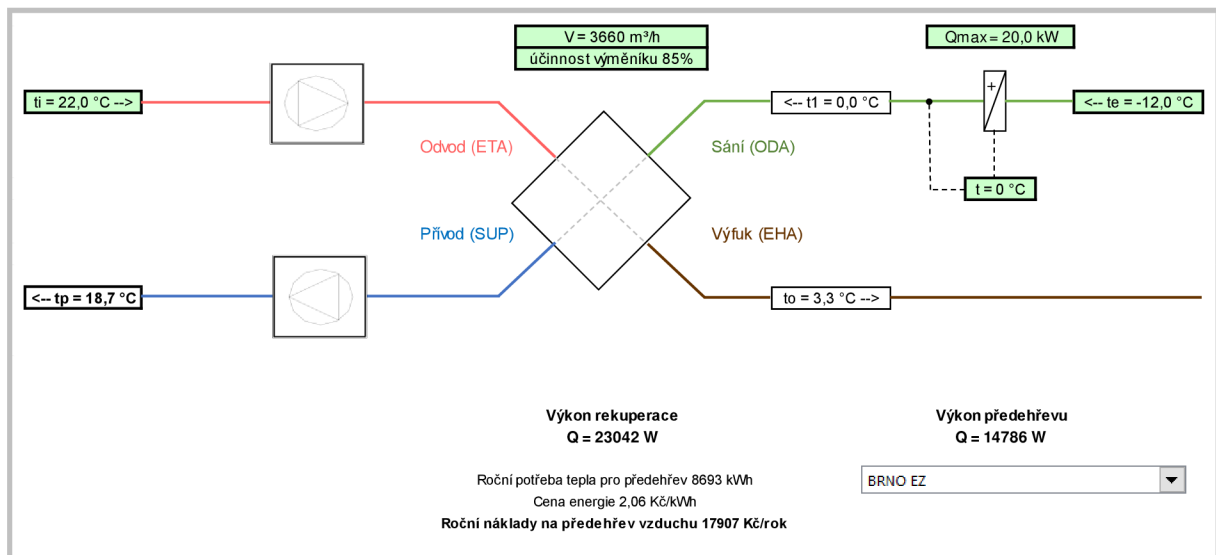
pouze elektrická energie, systém VZT může být zkombinován s přímotopným nebo akumulacním elektrickým vytápěním, tepelným čerpadlem.

Mezi moderní, dobře regulovatelné a uživatelsky preferované způsoby elektrického vytápění přímou transformací elektrické energie na tepelnou se nejvíce osvědčily systémy teplé podlahy, tj. topné kabely a topná rohož. Systémy teplovodního vytápění s elektrickým kotlem mají srovnatelné nebo větší pořizovací náklady a horší regulační vlastností, navíc vyžadují prostor pro umístění technologie. Elektrické sálavé panely bývají dobrou alternativou jiným systémům, ale v porovnání se systémy teplé podlahy nevytvářejí pocit teplých nohou, což je v místnostech jako koupelna a WC velký nedostatek.

Byly proto porovnány možnosti instalace systémů VZT se systémy elektrického vytápění v podlaze a tepelným čerpadlem vzduch-voda. Výpočet zahrnoval roční náklady na provoz zařízení VZT a náklady na provoz systému ústředního topení (ÚT) během otopného období.

5.2.1 Výpočet základních parametrů

- Byl sestaven schematický náčrt konstrukce VZT jednotky s protiproudým výměníkem a elektrických předehřevem. Jedná se o souhrn průtoku všech bytových VZT jednotek do jednoho celku.
- Následně byly uvedeny teplotní a účinnostní parametry, přičemž teploty venkovního a odváděného vzduchu jsou parametrické (ODA, ETA), když teploty přívodního a vyfukovaného vzduchu jsou závislé na účinnostních parametrech jednotky.



Obr. 29 Schéma VZT jednotky s protiproudým výměníkem a elektrickým předehřevem

Příklad výpočtů výkonu přehříváče vzduchu (pokud $t_e < 0 \text{ °C}$):

$$Q_p = \dot{V} \cdot c_{p,vzd} \cdot \rho_{vzd} \cdot (t - t_e) [W] \quad (10)$$

Kde:

- Q_p – výkon přehříváče vzduchu
- \dot{V} – průtok vzduchu
- $c_{p,vzd}$ – průměrná tepelná kapacita vzduchu (1010 J/kg·K)
- ρ_{vzd} – průměrná hustota vzduchu (1,2 kg/m³)
- t – teplota vzduchu za přehříváčem ($t \geq 0 \text{ °C}$)
- t_e – teplota venkovního vzduchu

Příklad výpočtů teploty přívodního vzduchu t_p (SUP):

$$t_p = t_1 + \mu_{vým} \cdot (t_i - t_1) [°C] \quad (11)$$

Kde:

- t_p – teplota přívodního vzduchu
- $\mu_{vým}$ – účinnost výměníku ZZT
- t_i – teplota odváděného vzduchu (22 °C)
- t_1 – teplota vzduchu za přehříváčem

$$18,7 = 0 + 0,85 \cdot (22 - 0)$$

Příklad výpočtů teploty vyfukovaného vzduchu t_o (EHA):

$$t_o = t_i - \mu_{vým} \cdot (t_i - t_1) [°C] \quad (12)$$

Kde:

- t_o – teplota vyfukovaného vzduchu
- $\mu_{vým}$ – účinnost výměníku ZZT
- t_i – teplota odváděného vzduchu (22 °C)
- t_1 – teplota vzduchu za přehříváčem

$$3,3 = 22 - 0,85 \cdot (22 - 0)$$

Příklad výpočtů výkonu rekuperačního výměníku (ZZT):

$$Q_r = \dot{V} \cdot c_{p,vzd} \cdot \rho_{vzd} \cdot (t_p - t_1) [W] \quad (13)$$

Kde:

- Q_r – výkon rekuperačního výměníku
- \dot{V} – průtok vzduchu
- $c_{p,vzd}$ – průměrná tepelná kapacita vzduchu (1010 J/kg·K)
- ρ_{vzd} – průměrná hustota vzduchu (1,2 kg/m³)
- t_p – teplota přívodního vzduchu
- t_1 – teplota vzduchu za předeříváčem

$$23042 = \frac{3660}{3600} \cdot 1010 \cdot 1,2 \cdot (18,7 - 0)$$

Příklad výpočtů spotřeby elektrické energie ventilátory:

$$Q_{v\ ele} = \mu_v \cdot \dot{V} [Wh] \quad (14)$$

Kde:

- $Q_{v\ ele}$ – spotřeba el. energie ventilátory
- μ_v – Elektrická účinnost ventilátorů
- \dot{V} – průtok vzduchu

$$1,098 = 0,3 \cdot 3660 / 1000 [kWh]$$

Všechny tepelně–technické parametry byly vypočítány pro výpočtovou teplotu během otopného období v Brně -12 °C. Abychom měli plný přehled o tepelně–technických parametrech, všechny výše uvedené výpočty byly zopakovány pro každou hodinu otopného období, které trvá od 1. září do 31. května.

Systém větrání se ZZT není primárním zdrojem tepla, jelikož nepokrývá celkové tepelné ztráty, jen vrací zpět část tepelných ztrát větráním. Z toho důvodu je zapotřebí instalace primárního zdroje tepla, které bude v provozu zároveň se systémem VZT. Abychom mohli posoudit vhodnost použití konkrétního typu vytápění (teplovodní, elektrické atd.) a konkrétního zdroje tepla, musíme spočítat tepelné ztráty objektu s ohledem na teplo již získané zpět ve VZT zařízení.

Potřebou tepla k pokrytí tepelných ztrát je rozdíl mezi tepelnými ztrátami a výkonem systému ZZT. Může nastat stav, když rozdíl mezi tepelnými ztrátami a výkonem systému ZZT je záporný. V tomto případě tepelné zisky již zcela pokrývají tepelné ztráty a výkon primárního zdroje tepla je nulový. Kladné hodnoty rozdílů jsou tedy výkony zdrojů tepla, potřebné k pokrytí tepelných ztrát.

Celkové součty byly uvedeny v tabulce ve tvaru měsíčních součtů jednotlivých parametrů.

Tab. 11 Výpočet množství ZTZ jednotkami s protiproudým výměníkem za otopné období

Měsíce otopného období	Prům. teplota	Měsíční tep. ztráty celkové	Spotřeba el. energie ventilátory	Spotřeba el. energie na přehřev vzduchu	Celková spotřeba el. energie	Tep. Výkon ZTZ
	[°C]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
leden	-2,50	26 529	816	3083	3899	16557
únor	-0,36	20 094	764	2051	2815	14448
březen	3,57	14 615	817	679	1496	13318
duben	9,17	6 023	792	97	889	8412
květen	14,00	-851	817	0	817	4305
září	13,86	-920	792	0	792	4299
říjen	8,61	7 601	817	244	1061	9025
listopad	3,87	16 185	791	422	1212	12849
prosinec	-0,86	24 005	792	2119	2910	15431
Celkový součet (otopné období):		113 280	7196	8695	15891	98643
Celkový součet (roční)			9618		18313	

Výpočet množství ZTZ byl proveden pro otopné období (září–květen), výpočet spotřeby elektrické energie na pohon ventilátoru byl proveden pro celý rok, jelikož provoz ventilátoru je kontinuální a nezáleží na venkovních podmínkách.

Maximální tepelný výkon primárního zdroje tepla je vyžadován 13 ledna o půlnoci při teplotě -18,6°C. Hodnota činí 33,7 kW. Jedná se tedy o minimálně možný instalovaný výkon tepelného zařízení. Při výpočtu bylo uvažováno, že potřebný výkon zdroje ÚT je rozdílem mezi tepelnými ztrátami objektu a množstvím tepelné energie z výměníku ZTZ a jednotky elektrického přehřevu vzduchu, přičemž v případě větších tepelných zisků, než ztrát je výkon primárního zdroje tepla nulový.

5.2.2 Simulace provozu kompaktních VZT jednotek + \dot{U}_{Te}

Primárním zdrojem tepla, při využití elektrického přímotopu, je systém elektrické teplé podlahy. Elektrický příkon systému teplé podlahy je zcela roven tepelnému výkonu potřebnému k pokrytí tepelných ztrát. Příkon systému regulace lze zanedbat.

Tab. 12 Výpočet provozních nákladů systémů VZT (kompaktní bytové jednotky) + \dot{U}_{Te}

VZT centrální (kompaktní)						VZT centrální (kompaktní) + \dot{U}_{Te}		
Měsíce	Prům. teplota	Součet měsíčních tep. Ztrát	Spotřeba el. energie ventilátory	Spotřeba el. energie na přehřev vzduchu	Potřeba tepla k pokrytí ztrát	Množství ZTZ	Celková spotřeba elektrické energie (VZT + \dot{U}_{Te})	Celkové náklady VZT, \dot{U}_{Te}
	[°C]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
leden	-2,50	26 529	816	3083	7 068	16557	10967	22 592 Kč
únor	-0,36	20 094	764	2051	5 140	14448	7955	16 387 Kč
březen	3,57	14 615	817	679	4 315	13318	5811	11 970 Kč
duben	9,17	6 023	792	97	3 021	8412	3910	8 054 Kč
květen	14,00	-851	817	0	1 934	4305	2751	5 668 Kč
září	13,86	-920	792	0	1 734	4299	2526	5 203 Kč
říjen	8,61	7 601	817	244	2 982	9025	4043	8 329 Kč
listopad	3,87	16 185	791	422	4 057	12849	5269	10 855 Kč
prosinec	-0,86	24 005	792	2119	6 639	15431	9550	19 672 Kč
Celkový součet (otopné období):		113280	7196	8695	36890	98643	52781	108 729 Kč
Celkový součet (roční)			9618					113 719 Kč

Výsledkem výpočtu, kromě celkových součtů ročního a během otopného období, jsou i součty jednotlivých parametrů a nákladů na provoz technologií.

5.2.3 Simulace provozu kompaktních VZT jednotek + ÚT_{TČ}

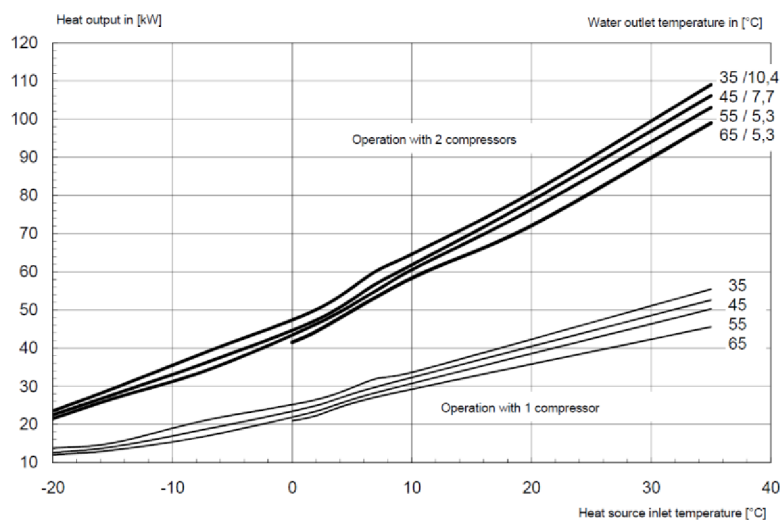
Primárním zdrojem tepla při této kombinaci technologií je teplovodní tepelné čerpadlo. Z důvodu menších pořizovacích nákladů a s ohledem na stavební činnost v městské lokalitě, byl zvolen systém TČ vzduch-voda, jehož montáž nevyžaduje dodatečné terénní práce jako např. realizace vrtů. Topný faktor TČ, jehož výparník je volně ofukován venkovním vzduchem, záleží na teplotě venkovního vzduchu a tato závislost musí být zohledněna při výpočtech.

Vzhledem k odpovídajícím výkonovým parametrům, dobré regulaci a kladným referencím, bylo zvoleno TČ LA 60 TU od výrobce Dimplex. Jedná se o jednotku TČ vzduch-voda s reverzibilním chodem a dvěma kompresory. Použití dvou kompresorů slouží ke mnohem citlivější regulaci výkonu při zachování vysokých COP a EER faktorů v porovnání s jednotkami s jedním kompresorem (příloha X).

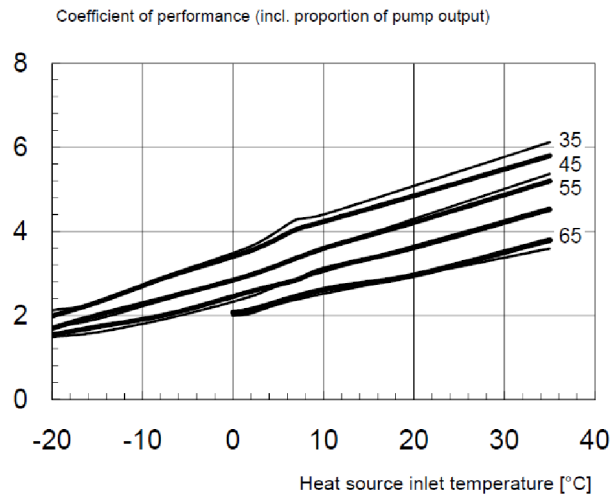


Obr. 30 TČ LA 60 TU od výrobce DIMPLEX [36]

Nejdůležitější technické parametry jednotky jsou maximální výkon pro jednotlivé teploty okolí a účinnostní faktor. Výrobce uvádí následující grafy závislostí jednotlivých parametrů:



Obr. 31 Graf závislosti maximálního tepelného výkonu na teplotě okolí (příloha X)



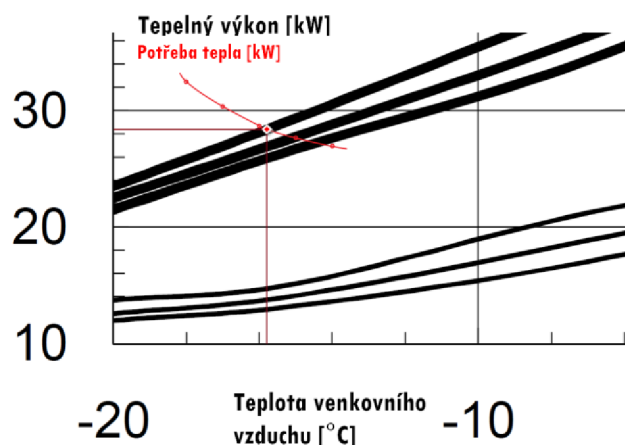
Obr. 32 Graf závislosti COP faktoru na teplotě okolí (tlustě – chod se dvěma kompresory, tence – chod s jedním kompresorem) (příloha X)

Na základě technických parametrů od výrobce, byly stanoveny faktory COP pro průměrné teploty měsíců otopného období:

Tab. 13 Závislost COP faktoru na teplotě okolí

COP faktor [-]	3,20	3,35	3,80	4,20	4,43	4,42	4,17	3,82	3,30
Teplota okolního vzduchu [°C]	-2,50	-0,36	3,57	9,17	14,00	13,86	8,61	3,87	-0,86

Z kap. 5.2.1 víme, že největší potřeba tepla (tepelné ztráty – výkon ZZT) na vytápění objektu primárním zdrojem ÚT činí 33,7 kW a nastává při venkovní teplotě -18,6 °C. Při porovnání závislostí tepelných ztrát objektu a tepelného výkonu jednotky TČ na venkovní teplotě, bod bivalence TČ, tj. okamžik nutností použití bivalentního zdroje tepla k dosažení potřebného tepelného výkonu, nastává při přibližně -16 °C. Při této venkovní teplotě je jednotka schopná dodávat kolem 28,5 kW tepelné energie když tepelné ztráty objektu v noční době (tj. bez tepelných zisků okny) činí 28,6 kW. Při snížení venkovní teploty na hodnotu menší, než -16 °C se počítá s elektrickým bivalentním zdrojem tepla jako jsou elektrická topná patrona nebo elektrický průtokový ohřívač. Výpočet bivalentního bodu, z důvodu chybějících přesnějších podkladů, byl proveden grafickou metodou:



Obr. 33 Výpočet bodu bivalence jednotky LA 60TU (decentrální VZT)

Na základě výpočtu bylo stanoveno, že bod bivalence nastává při přibližně $-15,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výpočet byl proveden grafickou metodou kvůli čemuž jsou možné chyby odečtů příslušných hodnot. Hodnota bodu bivalence proto byla zaokrouhlená na $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při hodnotách venkovní teploty menších, než $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ a zároveň větších tepelných ztrátách, než $28,5\text{ kW}$, tepelný výkon byl vypočítán jako součet okamžitého výkonu TČ a výkonu od elektrického bivalentního zdroje.

Tab. 14 Výpočet provozních nákladů systémů VZT (kompaktní bytové jednotky) + $\dot{U}T_{T\check{C}}$

VZT centrální (kompaktní)						VZT centrální (kompaktní) + $\dot{U}T_{T\check{C}}$					
Měsíce	Prům. teplota	Součet měsíčních tep. ztrát	Spotřeba el. energie ventilátory	Spotřeba el. energie na předehřev vzduchu	Potřeba tepla k pokrytí ztrát	Výpočet c průměrným měsíčním COP					
						Množství ZTZ	Topný faktor TČ	Množství tepelné energie od TČ	Množství tepelné energie od biv. Zdroje	Celková spotřeba el. energie (VZT + $\dot{U}T_{T\check{C}}$)	Celkové náklady VZT, $\dot{U}T$
	[$^{\circ}\text{C}$]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
leden	-2,50	26 529	816	3083	7068	16557	3,2	7030	37,6	6133	12 635 Kč
únor	-0,36	20 094	764	2051	5140	14448	3,4	5129	11,1	4357	8 976 Kč
březen	3,57	14 615	817	679	4315	13318	3,8	4315	0,0	2631	5 421 Kč
duben	9,17	6 023	792	97	3021	8412	4,2	3021	0,0	1608	3 312 Kč
květen	14,00	-851	817	0	1934	4305	4,4	1934	0,0	1254	2 582 Kč
září	13,86	-920	792	0	1734	4299	4,4	1734	0,0	1184	2 439 Kč
říjen	8,61	7 601	817	244	2982	9025	4,2	2982	0,0	1776	3 659 Kč
listopad	3,87	16 185	791	422	4057	12849	3,8	4057	0,0	2275	4 686 Kč
prosinec	-0,86	24 005	792	2119	6639	15431	3,3	6611	28,2	4942	10 181 Kč
Celkový součet (otopné)		113280	7196	8695	36890	98643		36814	77	26160	53 891 Kč
Celkový součet (roční)			9618								58 880 Kč

Výsledkem výpočtu, kromě celkových součtů ročního a během otopného období, jsou i součty jednotlivých parametrů a nákladů na provoz technologií.

5.3 Simulace provozu centrální VZT jednotky s rotačním výměníkem ZTZ

VZT jednotky s rotačními výměníky mají jednu důležitou výhodu, v porovnání s jednotkami s lamelovými výměníky. Jednotky s rotačními výměníky nemusejí mít systém předehřevu vzduchu, jelikož při jejich provozu nedochází k zamrznutí výměníku a tím i ke snížení funkčnosti a následnému poškození. Výjimkami jsou aplikace, například pro větrání bazénů nebo jiných provozů s vysokým obsahem vlhkosti ve vnitřním vzduchu. Účinnost ZTT v rotačních výměnících je zpravidla nižší, než u jednotek s lamelovými výměníky. Je proto zapotřebí aby součástí jednotky byl dohříváč, který zaručí hodnotu minimální teploty přiváděného vzduchu $16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výpočet byl proveden za následujících podmínek:

- Celkový průtok vzduchu – $3660\text{ m}^3/\text{h}$
- Průměrná účinnost rekuperace – 80%
- Teplota odsávaného vzduchu – $22\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Minimální teplota přiváděného vzduchu – min. $16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Příkon ventilátorů v pracovním bodě* – $1,5\text{ kW} / 1,5\text{ kW}$
- Třída filtrace na přívodu – F7
- Třída filtrace na odvodu – G4

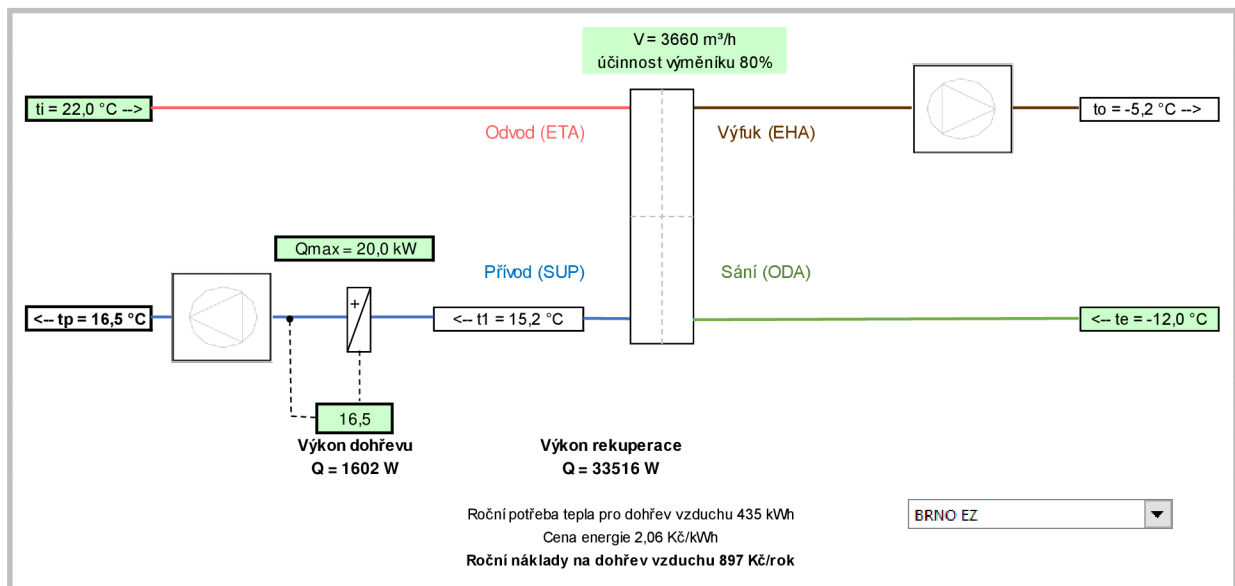
* (průtok $3660\text{ m}^3/\text{h}$, externí statický tlak 700 Pa) – předpoklad

Stejně, jako i v případě použití VZT jednotek s protiproudými lamelovými výměníky, je zapotřebí instalace systému vytápění s primárním zdrojem tepla, jelikož jednotka

s rotačním výměníkem nezajišťuje pokrytí celkových tepelných ztrát. Takže, jak i v kapitole 5.2, simulační výpočet byl proveden pro současný chod VZT jednotky s rotačním výměníkem a systémy elektrické teplé podlahy nebo TČ vzduch – voda.

5.3.1 Výpočet základních parametrů

- Byl sestaven schematický náčrt konstrukce VZT jednotky s rotačním výměníkem a elektrických dohřevem.
- Následně byly uvedeny teplotní a účinnostní parametry, přičemž teploty venkovního a odváděného vzduchu jsou parametrické (ODA, ETA), když teploty přívodního a vyfukovaného vzduchu jsou závislé na účinnostních parametrech jednotky.



Obr. 34 Schéma VZT jednotky s rotačním výměníkem a elektrickým dohřevem

Příklad výpočtů teploty přívodního vzduchu t_1 :

$$t_1 = t_e + \mu_{vým} \cdot (t_i - t_e) [^{\circ}C] \quad (15)$$

Kde:

t_1 – teplota přívodního vzduchu před jednotkou dohříváče vzduchu

t_e – teplota venkovního vzduchu

t_i – teplota odváděného vzduchu (22 °C)

$\mu_{vým}$ – účinnost výměníku ZZT

$$15,2 = -12 + 0,8 \cdot (22 - (-12))$$

Příklad výpočtů výkonu dohříváče vzduchu:

$$Q_d = \dot{V} \cdot c_{p,vzd} \cdot \rho_{vzd} \cdot (t_p - t_1) [W] \quad (13)$$

Kde:

- Q_d – výkon dohříváče vzduchu
 \dot{V} – průtok vzduchu
 $c_{p,vzd}$ – průměrná tepelná kapacita vzduchu (1010 J/kg·K)
 ρ_{vzd} – průměrná hustota vzduchu (1,2 kg/m³)
 t_p – teplota vzduchu za dohříváčem ($t \geq 16,5$ °C)
 t_e – teplota venkovního vzduchu

$$1602 = \frac{3660}{3600} \cdot 1010 \cdot 1,2 \cdot (16,5 - 15,2)$$

Příklad výpočtů teploty přívodního vzduchu t_p (SUP), pokud ($t_1 \geq 16,5$; $t_{sup} = t_1$; $t_{sup} = t_p$):

$$t_p = t_1 + \frac{Q_d}{(\dot{V} \cdot c_{p,vzd} \cdot \rho_{vzd})} [^{\circ}C] \quad (16)$$

Kde:

- t_p – teplota přívodního vzduchu
 t_1 – teplota přívodního vzduchu před jednotkou dohříváče vzduchu
 Q_d – výkon dohříváče vzduchu
 \dot{V} – průtok vzduchu
 $c_{p,vzd}$ – průměrná tepelná kapacita vzduchu (1010 J/kg·K)
 ρ_{vzd} – průměrná hustota vzduchu (1,2 kg/m³)

$$16,5 = 15,2 + \frac{1602}{\left(\frac{3660}{3600} \cdot 1010 \cdot 1,2\right)}$$

Příklad výpočtů teploty vyfukovaného vzduchu t_o (EHA):

$$t_o = t_i - \mu_{vým} \cdot (t_i - t_1) [^{\circ}C] \quad (12)$$

Kde:

- t_o – teplota vyfukovaného vzduchu
 $\mu_{vým}$ – účinnost výměníku ZZT
 t_i – teplota odváděného vzduchu (22 °C)
 t_1 – teplota vzduchu za přehříváčem

$$-5,2 = 22 - 0,8 \cdot (22 - (-12))$$

Příklad výpočtů výkonu rotačního výměníku (ZZT)*:

$$Q_r = \dot{V} \cdot c_{p,vzd} \cdot \rho_{vzd} \cdot (t_1 - t_e) [W] \quad (17)$$

Kde:

 Q_r – výkon rotačního výměníku \dot{V} – průtok vzduchu $c_{p,vzd}$ – průměrná tepelná kapacita vzduchu (1010 J/kg·K) ρ_{vzd} – průměrná hustota vzduchu (1,2 kg/m³) t_1 – teplota vzduchu za přehříváčem t_e – teplota venkovního vzduchu

$$33516 = \frac{3660}{3600} \cdot 1010 \cdot 1,2 \cdot (15,2 - (-12))$$

* Reálný výkon ohřevu vzduchu po průchodu VZT jednotkou je zvětšen o hodnotu elektrického příkonu přívodního ventilátoru.

Všechny tepelně–technické parametry byly vypočítány pro výpočtovou teplotu během otopného období v Brně -12 °C. Abychom měli plný přehled o tepelně–technických parametrech, všechny výše uvedené výpočty byly zopakovány pro každou hodinu otopného období, které trvá od 1. září do 31. května.

Potřebou tepla k pokrytí tepelných ztrát je rozdíl mezi tepelnými ztrátami a výkonem systému ZZT. Může nastat stav, když rozdíl mezi tepelnými ztrátami a výkonem systému ZZT je záporný. V tomto případě tepelné zisky již zcela pokrývají tepelné ztráty a výkon primárního zdroje tepla je nulový. Kladné hodnoty rozdílů jsou tedy výkony zdrojů tepla, potřebné k pokrytí tepelných ztrát.

Celkové součty byly uvedeny v tabulce ve tvaru měsíčních součtů jednotlivých parametrů:

Tab. 15 Výpočet množství ZZT jednotkou s rotačním výměníkem za otopné období

Měsíce	Prům. teplota	Součet měsíčních tep. ztrát	Spotřeba el. energie ventilátory	Spotřeba el. energie na dohřev vzduchu	Celková spotřeba el. energie [kW]	Tep. Výkon ZZT
	[°C]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
leden	-2,50	26529	2229	157	2386	19058
únor	-0,36	20094	2088	100	2188	16384
březen	3,57	14615	2232	39	2271	14634
duben	9,17	6023	2163	0	2163	10200
květen	14,00	-851	2232	0	2232	6980
září	13,86	-920	2163	0	2163	6866
říjen	8,61	7601	2232	8	2240	10935
listopad	3,87	16185	2160	10	2170	13949
prosinec	-0,86	24005	2163	121	2284	17330
Celkový součet (otopné období)		113280	19662	435	20097	116336
Celkový součet (roční)			26280		26715	

Výpočet množství ZZT byl proveden pro otopné období (září–květen), výpočet spotřeby elektrické energie na pohon ventilátoru byl proveden pro celý rok, jelikož provoz ventilátoru je kontinuální a nezáleží na venkovních podmínkách.

Maximální tepelný výkon primárního zdroje tepla je vyžadován 13 ledna o půlnoci při teplotě $-18,6^{\circ}\text{C}$. Hodnota činí 35,3 kW. Jedná se tedy o minimálně možný instalovaný výkon tepelného zařízení. Při výpočtu bylo uvažováno, že potřebný výkon zdroje ÚT je rozdílem mezi tepelnými ztrátami objektu a množstvím tepelné energie z výměníku ZZT a jednotky elektrického předehřevu vzduchu, přičemž v případě větších tepelných zisků než ztrát, je příkon systému teplé podlahy nulový.

5.3.2 Simulace provozu centrální VZT jednotky + \dot{U}_{Tele}

Výpočet byl proveden stejným způsobem, který byl použit v kap. 5.2.2. Primárním zdrojem tepla, při využití elektrického přímotopu, je systém elektrické teplé podlahy. Elektrický příkon systému teplé podlahy je zcela roven tepelnému výkonu potřebnému k pokrytí tepelných ztrát. Příkonem systému regulace lze zanedbat.

Tab. 16 Výpočet provozních nákladů centrální VZT jednotky (rotační výměník) + \dot{U}_{Tele}

VZT centrální (rotační výměník)						VZT centrální (rotační výměník) + \dot{U}_{Tele}		
Měsíce	Prům. teplota	Prům. tepelná ztráta	Spotřeba energie ventilátory	Spotřeba energie dohřevu	Využití tepla od primárního zdroje	Množství ZZT	Celková spotřeba el. energie (VZT + \dot{U}_{Tele})	Celkové náklady VZT, TČ, ÚT
	[$^{\circ}\text{C}$]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
leden	-2,50	26529	2229	156,9	7758	19058	10143	20 895 Kč
únor	-0,36	20094	2088	100,4	5478	16384	7666	15 792 Kč
březen	3,57	14615	2232	39,4	4314	14634	6586	13 566 Kč
duben	9,17	6023	2163	0,1	2618	10200	4782	9 850 Kč
květen	14,00	-851	2232	0,0	1211	6980	3443	7 092 Kč
září	13,86	-920	2163	0,0	1001	6866	3164	6 517 Kč
říjen	8,61	7601	2232	8,1	2502	10935	4743	9 770 Kč
listopad	3,87	16185	2160	9,8	3936	13949	6106	12 578 Kč
prosinec	-0,86	24005	2163	120,6	7007	17330	9291	19 140 Kč
Celkový součet (otopné)		113280	19662	435	35825	116336	55922	115 200 Kč
Celkový součet (roční)			26280					128 833 Kč

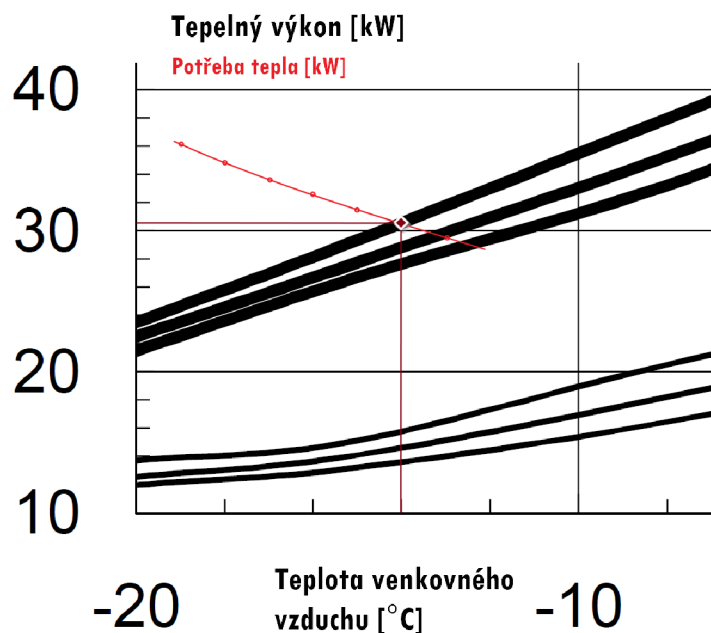
Výsledkem výpočtu, kromě celkových součtů ročního a během otopného období, jsou i součty jednotlivých parametrů a nákladů na provoz technologií.

5.3.2 Simulace provozu centrální VZT jednotky + $\dot{U}_{\text{TČ}}$

Primárním zdrojem tepla při této kombinaci technologií je jednotka TČ LA 60TU od výrobce Dimplex (kap. 5.2.3).

Z kap. 5.3.1 víme, že největší potřeba tepla (tepelné ztráty – výkon ZZT) na vytápění objektu primárním zdrojem ÚT činí 35,3 kW a nastává při venkovní teplotě $-18,6^{\circ}\text{C}$. Při porovnání závislostí tepelných ztrát objektu a tepelného výkonu jednotky TČ na venkovní teplotě, bod bivalence TČ, tj. okamžik nutnosti použití bivalentního zdroje tepla k dosažení potřebného tepelného výkonu, nastává při přibližně -14°C . Při této venkovní teplotě jednotka je schopná dodávat kolem 30,5 kW tepelné energie když tepelné ztráty objektu v noční době (tj. bez tepelných zisků okny) činí 30,6 kW. Při snížení venkovní teploty na hodnoty menší než -14°C se počítá se s elektrickým

bivalentním zdrojem tepla jako jsou elektrická topná patrona nebo elektrický průtokový ohřivač. Výpočet bivalentního bodu, z důvodu chybějících přesnějších podkladů, byl proveden grafickou metodou:



Obr. 35 Výpočet bodu bivalence jednotky LA 60TU (centrální VZT)

Na základě výpočtu bylo stanoveno, že bod bivalence nastává při přibližně $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výpočet byl proveden grafickou metodou kvůli čemuž jsou možné chyby odečtů příslušných hodnot. Přitom hodnota $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla prakticky potvrzena a lze ji posoudit jako relativně přesnou. Při venkovních teplotách menších, než $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ a zároveň větších potřebách tepla k pokrytí tepelných ztrát, než $30,5\text{ kW}$, byl tepelný výkon vypočítán jako součet okamžitého výkonu TČ a výkonu elektrického bivalentního zdroje.

Tab. 17 Výpočet provozních nákladů systémů VZT (centrální systém) + $\dot{U}_{T\dot{C}}$

VZT centrální (rotační výměník)						VZT centrální (rotační výměník)+ $\dot{U}_{T\dot{C}}$ vzduch-voda					
						Výpočet c průměrným měsíčním COP					
Měsíce	Prům. teplota	Součet měsíčních tep. ztrát	Spotřeba el. energie ventilátory	Spotřeba energie na dohřev vzduchu	Využití tepla od primárního zdroje	Množství ZZT	Topný faktor TČ	Množství tepelné energie od TČ	Množství tepelné energie od biv. Zdroje	Celková spotřeba el. energie (VZT + $\dot{U}_{T\dot{C}}$)	Celkové náklady VZT, $\dot{U}_{T\dot{C}}$
	[$^{\circ}\text{C}$]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
leden	-2,50	26529	2229	156,9	7758	19058	3,20	7695	62,2	4853	9 997 Kč
únor	-0,36	20094	2088	100,4	5478	16384	3,35	5453	24,6	3841	7 912 Kč
březen	3,57	14615	2232	39,4	4314	14634	3,80	4314	0,0	3407	7 018 Kč
duben	9,17	6023	2163	0,1	2618	10200	4,20	2618	0,0	2787	5 740 Kč
květen	14,00	-851	2232	0,0	1211	6980	4,43	1211	0,0	2505	5 161 Kč
září	13,86	-920	2163	0,0	1001	6866	4,42	1001	0,0	2389	4 922 Kč
říjen	8,61	7601	2232	8,1	2502	10935	4,17	2502	0,0	2840	5 851 Kč
listopad	3,87	16185	2160	9,8	3936	13949	3,82	3936	0,0	3200	6 592 Kč
prosinec	-0,86	24005	2163	120,6	7007	17330	3,30	6955	52,6	4444	9 154 Kč
Celkový součet (otopné období)		113280	19662	435	35825	116336		35685	139,4	30266	62 348 Kč
Celkový součet (roční)			26280								75 981 Kč

Výsledkem výpočtu, kromě celkových součtů ročního a během otopného období, jsou i součty jednotlivých parametrů a nákladů na provoz technologií.

5.4 Simulace provozu centrální VZT jednotky s TČ vzduch– vzduch

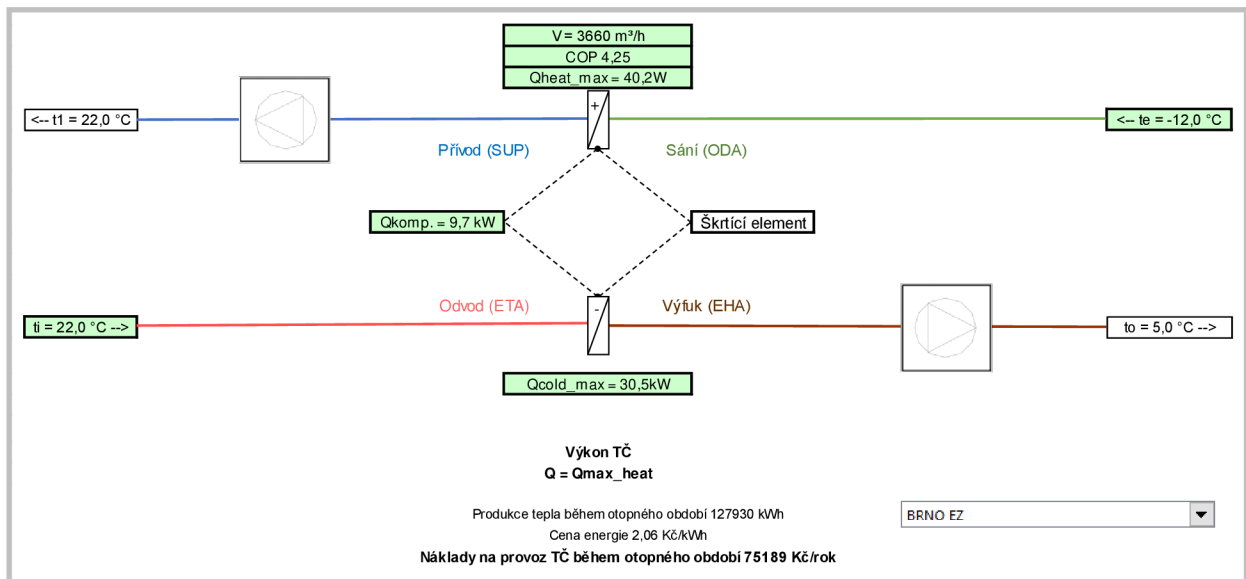
Přibližný návrh vzduchotechnické jednotky s okruhem TČ byl proveden v kap. 4.4. Výsledkem návrhu jsou základní tepelně–technické parametry jednotky, která by mohla být ve skutečnosti vyráběna:

- Jmenovitý průtok vzduchu – 3660 m³/hod
- Teplota odsávaného vzduchu – 22 °C
- Relativní vlhkost odváděného vzduchu – 50 %
- Teplota vyfukovaného vzduchu do okolního prostředí – 5 °C
- Teplota varu chladiva (min. teplota chladiče) – 2 °C
- Teplota kondenzace chladiva – 50 °C
- Teplota přehřátí – 10 °C
- Teplota podchlazení – 0 °C
- Atmosférický tlak – 100000 Pa
- Chladivo – R32
- Výkon výparníku – 30,5 kW
- Výkon kondenzátoru – 40,2 kW
- Elektrický příkon kompresoru – 9,66 kW
- Účinnost kompresoru – 77,2 %
- Elektrický příkon ventilátorů – 2 x 0,862 kW
- Čistý topný faktor TČ – 4,16

Primárním zdrojem tepla, při použití VZT jednotky s TČ, je samotný okruh TČ vzduch – vzduch. Jelikož chladicí okruh čerpá teplo z odpadního vzduchu, rozdíl teplot, ve kterém před a po průchodu výparníkem je konstantní, lze čistý COP faktor, tj. poměr mezi výkonem kondenzátoru a příkonem kompresoru posoudit konstantou (změnu COP faktoru při regulaci výkonu kompresoru lze zanedbat). Při zmenšení výkonu kondenzátoru se příkon kompresoru zmenšuje proporcionálně.

5.4.1 Výpočet základních parametrů

- Byl sestaven schematický náčrt konstrukce VZT jednotky okruhem tepelného čerpadla
- Následně byly uvedeny teplotní parametry, přičemž teploty venkovního a odváděného vzduchu jsou parametrické (ODA, ETA), teplota vyfukovaného vzduchu (EHA) je během režimu vytápění konstantní a je dána konstrukcí výparníku a požadovanou regulací. Teploty přívodního a vyfukovaného vzduchu jsou závislé na výkonových a účinnostních parametrech jednotky.
- Čistý topný faktor TČ je konstantní, hrubý topný faktor je proměnný, jelikož při zmenšeném výkonu kompresoru se množství ztrátového tepla od ventilátoru proporcionálně zvětšuje a naopak.



Obr. 36 Schéma VZT jednotky s okruhem TČ

Příklad výpočtů teploty přívodního vzduchu t_1 :

$$t_1 = t_e + (Q_{heat} + Q_{ELE}) / (\rho_{vzd} \cdot c_{p,vzd}) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (18)$$

Kde:

t_1 – teplota přívodního vzduchu před jednotkou dohříváče vzduchu

t_e – teplota venkovního vzduchu

Q_{heat} – tepelný výkon kondenzátoru

Q_{ELE} – elektrický příkon ventilátoru (tepelný výkon ventilátoru)

$c_{p,vzd}$ – průměrná tepelná kapacita vzduchu (1010 J/kg·K)

ρ_{vzd} – průměrná hustota vzduchu (1,2 kg/m³)

$$21,88 = -12 + (40,2 + 0,862) \cdot 1000 / (1,2 \cdot 1010)$$

Příklad výpočtů hrubého COP faktoru:

$$\text{gross COP} = (Q_{heat} + Q_{ELE}) / Q_{komp} \text{ [-]} \quad (19)$$

Kde:

Q_{heat} – tepelný výkon kondenzátoru

Q_{ELE} – elektrický příkon ventilátoru (tepelný výkon ventilátoru)

Q_{komp} – elektrický příkon kompresoru

$$\text{gross COP} = \frac{40,2 + 0,862}{9,66} = 4,25$$

Následné výpočty simulace provozu VZT jednotky s TČ s $\dot{U}_{T_{ele}}$ a $\dot{U}_{T_{TČ}}$ byly provedeny podobným způsobem, jak i v případech použití VZT jednotek s pasivními výměníky ZZT. Rozdílem je skutečnost, že vzduchotechnické tepelné čerpadlo je primárním

zdrojem tepla a během větší části topné sezony je schopno samostatně pokrývat tepelné ztráty. Výkon vzduchotechnického TČ proto musí být regulován s ohledem na okamžité tepelné ztráty. Výpočet tepelně–technických faktorů a provozních nákladů byl proveden se systémy ÚT jako elektrický systém teplé podlahy a teplovodní TČ vzduch–voda. Systémy $ÚT_{ele}$ a $ÚT_{Tč}$ jsou v tomto případě sekundárními zdroji tepla.

5.4.2 Simulace provozu VZT jednotky s TČ + $ÚT_{ele}$

Primárním zdrojem tepla, při využití elektrického přímotopu, je systém elektrické teplé podlahy. Elektrický příkon systému teplé podlahy je zcela roven tepelnému výkonu potřebnému k pokrytí tepelných ztrát. Příkon systému regulace lze zanedbat.

Tab. 18 Výpočet provozních nákladů systémů VZT s TČ + $ÚT_{ele}$

VZT TČ							VZT TČ + $ÚT_{ele}$		
Měsíce	Prům. teplota	Měsíční tepelné ztráty	Spotřeba energie ventilátory	Spotřeba energie kompresorem	Hrubý topný faktor TČ vzduch-vzduch	Množství tepelné energie TČ vzduch-vzduch	Využití tepla od sekundárních zdrojů	Celková spotřeba el. energie vč. $ÚT_{ele}$	Celkové náklady VZT, TČ, ÚT
	[°C]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
leden	-2,50	26529	1281	5582	4,30	23861	2106	8969	18 476 Kč
únor	-0,36	20094	1200	4409	4,39	18940	1331	6940	14 296 Kč
březen	3,57	14615	1283	3721	4,64	16109	447	5450	11 228 Kč
duben	9,19	5982	1241	2248	5,75	9937	41	3530	7 271 Kč
květen	14,00	-851	1283	1261	7,04	5650	0	2544	5 240 Kč
září	13,86	-920	1243	1149	6,98	5211	0	2392	4 927 Kč
říjen	8,61	7601	1283	2380	5,36	10493	150	3812	7 853 Kč
listopad	3,87	16185	1241	3656	4,56	15818	284	5181	10 674 Kč
prosinec	-0,86	24005	1243	5118	4,36	21911	1549	7911	16 297 Kč
Celkový součet (otopné)		113239	11297	29523		127930	5909	46729	96 261 Kč
Celkový součet (roční)			15102						104 099 Kč

Výsledkem výpočtu, kromě celkových součtů ročního a během otopného období, jsou i součty jednotlivých parametrů a nákladů na provoz technologií.

5.4.3 Simulace provozu VZT jednotky s TČ + $ÚT_{Tč}$

Primárním zdrojem tepla, při této kombinaci technologií, je jednotka TČ LA 60TU od výrobce Dimplex (kap. 5.2.3).

Vypočítaný bod bivalence TČ vzduch–voda, při použití v současném provozu se vzduchotechnickým tepelným čerpadlem, je téměř shodný s bodem bivalence z kap. 5.3.3, tj. -14 °C a maximálním výkonem TČ vzduch-voda při této teplotě 30,5 kW. Při snížení venkovní teploty na hodnot menší, než -14 °C a zároveň větších potřebách tepla k pokrytí tepelných ztrát, než 30,5 kW, tepelný výkon byl vypočítán jako součet okamžitého výkonu TČ a výkonu elektrického bivalentního zdroje.

Tab. 19 Výpočet provozních nákladů systémů VZT s TČ + ÚT_{TČ}

VZT TČ							VZT TČ + ÚT(TČ)						
Měsíce	Prům. teplota	Měsíční tepelné ztráty	Spotřeba energie ventilátory	Spotřeba energie kompresorem	Hrubý topný faktor TČ vzduch - vzduch	Množství tepelné energie TČ vzduch-vzduch	Využití tepla od sekundárních zdrojů	Topný faktor TČ vzduch - voda	Množství tepelné energie TČ vzduch-voda	Množství tepelné energie od bivalentního zdroje	Celková spotřeba el. energie vč. ÚTele	Celkové náklady VZT, TČ, ÚT	
	[°C]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[-]	[kWh]	[kWh]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]		
leden	-2,50	26529	1281	5582	4,30	23861	2106	3,20	2 089	16,7	7 532	15 517 Kč	
únor	-0,36	20094	1200	4409	4,39	18940	1331	3,35	447	0,0	5 742	11 828 Kč	
březen	3,57	14615	1283	3721	4,64	16109	447	3,80	447	0,0	5 121	10 550 Kč	
duben	9,19	5982	1241	2248	5,75	9937	41	4,20	41	0,0	3 499	7 207 Kč	
květen	14,00	-851	1283	1261	7,04	5650	0	4,43	0	0,0	2 544	5 240 Kč	
září	13,86	-920	1243	1149	6,98	5211	0	4,42	0	0,0	2 392	4 927 Kč	
říjen	8,61	7601	1283	2380	5,36	10493	150	4,17	150	0,0	3 698	7 618 Kč	
listopad	3,87	16185	1241	3656	4,56	15818	284	3,82	284	0,0	4 971	10 241 Kč	
prosinec	-0,86	24005	1243	5118	4,36	21911	1549	3,30	1 540	9,8	6 838	14 086 Kč	
Celkový součet (otopné)		113239	11297	29523		127930	5909		4 997	26,4	42 337	87 214 Kč	
Celkový součet (roční)			15102									95 052 Kč	

Výsledkem výpočtu, kromě celkových součtů ročního a během otopného období, jsou i součty jednotlivých parametrů a nákladů na provoz technologií.

Regulace výkonu vzduchotechnického TČ

Množství vzduchu pro jednotlivé byty bylo vypočítané na základě hygienických požadavků, nikoliv na základě tepelných ztrát. Výkon vzduchotechnického tepelného čerpadla byl navržen pro celý objekt jako jeden celek, což znamená, že teplota přívodního vzduchu nezohledňuje potřeby jednotlivých bytových jednotek. Je tedy vhodné zkontrolovat vliv množství dodaného tepla pro jednotlivé bytové jednotky.

Výpočet byl proveden s cílem přizpůsobení tepelného výkonu vzduchotechnického tepelného čerpadla tepelným ztrátám jednotlivých bytových jednotek a následného zaregulování na parametry, odpovídající nejprísnějším požadavkům.

Průběh výpočtů:

1. Pro každou bytovou jednotku byl vypočítán průměrný tepelný výkon VZT jednotky s TČ pro každý měsíc otopného období
2. Byly uvedeny průměrné měsíční tepelné ztráty jednotlivých bytů
3. Na základě porovnání průměrných měsíčních tepelných výkonů a tepelných ztrát byl stanoven zaregulovaný průměrný měsíční tepelný výkon VZT jednotky. Hodnota zaregulovaného tepelného výkonu byla stanovena jako menší z hodnot výkonů a ztrát.
4. Byla vypočítána teplota přívodního vzduchu s použitím hodnot zaregulovaného tepelného výkonu. Pokud teplota přívodního vzduchu byla menší, než 16,5 °C, byla automaticky opravena na tuto hodnotu.
5. Byly uvedeny minimální průměrné teploty přívodního vzduchu pro každý měsíc, při kterých nedochází k přetápění jednotlivých bytů. Zároveň ale při těchto teplotách jsou splněny hygienické požadavky na minimální teplotu přívodního vzduchu.
6. S použitím nově vypočítané minimální teploty přívodního vzduchu byl vypočítán průměrný výkon celé VZT jednotky pro průměrné teploty každého měsíce otopného období, takže i celková tepelná ztráta a výkon sekundárního zdroje tepla.

Tab. 20 Výpočet provozních nákladů systémů VZT s TČ + ÚT_{TČ} (příloha XI)

		Průměrné teploty										
		-2,51	-0,36	3,58	9,14	13,99	13,89	8,65	3,84	-0,85		
Č. bytu	Přítok vzduchu [m ³ /h]	Měsíce	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	
K 1.2.1	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,2	19,1	17,9	18,3	19,1	18,4	17,3	19,1	21,6	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,2	19,1	17,9	18,3	19,1	18,4	17,3	19,1	21,6	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,2	19,1	17,9	18,3	19,1	18,4	17,3	19,1	21,6	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,2	19,1	17,9	18,3	19,1	18,4	17,3	19,1	21,6	
K 1.2.2	140,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,7	18,4	17,1	18,0	19,1	18,5	17,2	18,9	22,4	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,7	18,4	17,1	18,0	19,1	18,5	17,2	18,9	22,4	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,7	18,4	17,1	18,0	19,1	18,5	17,2	18,9	22,4	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,7	18,4	17,1	18,0	19,1	18,5	17,2	18,9	22,4	
K 1.2.3	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,4	18,0	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,4	18,0	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,4	18,0	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,4	18,0	18,8	22,0	24,5	
K 1.2.4	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,4	18,0	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,4	18,0	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,4	18,0	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,4	18,0	18,8	22,0	24,5	
K 1.2.5	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,6	21,6	19,8	17,9	18,0	17,6	18,7	21,7	23,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,6	21,6	19,8	17,9	18,0	17,6	18,7	21,7	23,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,6	21,6	19,8	17,9	18,0	17,6	18,7	21,7	23,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,6	21,6	19,8	17,9	18,0	17,6	18,7	21,7	23,5	
K 1.2.6	140,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,7	19,1	18,4	18,6	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,7	19,1	18,4	18,6	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,7	19,1	18,4	18,6	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,7	19,1	18,4	18,6	22,0	24,5	
K 1.3.1	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	25,2	20,2	18,7	18,5	19,1	18,3	17,6	20,0	22,6	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	25,2	20,2	18,7	18,5	19,1	18,3	17,6	20,0	22,6	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	25,2	20,2	18,7	18,5	19,1	18,3	17,6	20,0	22,6	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	25,2	20,2	18,7	18,5	19,1	18,3	17,6	20,0	22,6	
K 1.3.2	140,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,4	18,1	16,9	17,9	19,0	18,4	17,2	18,8	20,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,4	18,1	16,9	17,9	19,0	18,4	17,2	18,8	20,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,4	18,1	16,9	17,9	19,0	18,4	17,2	18,8	20,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,4	18,1	16,9	17,9	19,0	18,4	17,2	18,8	20,9	
K 1.3.3	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
K 1.3.4	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
K 1.3.5	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,5	20,6	19,2	17,2	17,6	17,2	17,8	20,3	21,4	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,5	20,6	19,2	17,2	17,6	17,2	17,8	20,3	21,4	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,5	20,6	19,2	17,2	17,6	17,2	17,8	20,3	21,4	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,5	20,6	19,2	17,2	17,6	17,2	17,8	20,3	21,4	
K 1.3.6	140,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,5	21,6	19,8	18,5	18,3	18,0	18,8	21,9	23,3	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,5	21,6	19,8	18,5	18,3	18,0	18,8	21,9	23,3	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,5	21,6	19,8	18,5	18,3	18,0	18,8	21,9	23,3	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,5	21,6	19,8	18,5	18,3	18,0	18,8	21,9	23,3	
K 1.4.1	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
K 1.4.2	140,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	18,2	16,5	16,5	16,9	18,4	17,9	16,1	18,7	17,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	18,2	16,5	16,5	16,9	18,4	17,9	16,1	18,7	17,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	18,2	16,5	16,5	16,9	18,4	17,9	16,1	18,7	17,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	18,2	16,5	16,5	16,9	18,4	17,9	16,1	18,7	17,9	
K 1.4.3	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5	
K 1.4.4	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,6	18,2	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,6	18,2	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,6	18,2	18,8	22,0	24,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,6	18,2	18,8	22,0	24,5	
K 1.4.5	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,7	20,7	19,3	17,3	17,6	17,2	17,9	20,4	21,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,7	20,7	19,3	17,3	17,6	17,2	17,9	20,4	21,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,7	20,7	19,3	17,3	17,6	17,2	17,9	20,4	21,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,7	20,7	19,3	17,3	17,6	17,2	17,9	20,4	21,5	
K 1.4.6	140,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	19,0	17,2	16,2	16,4	17,8	17,2	16,0	17,8	18,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	19,0	17,2	16,2	16,4	17,8	17,2	16,0	17,8	18,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	19,0	17,2	16,2	16,4	17,8	17,2	16,0	17,8	18,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	19,0	17,2	16,2	16,4	17,8	17,2	16,0	17,8	18,9	
K 1.5.1	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	18,8	16,4	15,9	17,0	18,3	17,6	16,1	16,9	18,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	18,8	16,4	15,9	17,0	18,3	17,6	16,1	16,9	18,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	18,8	16,4	15,9	17,0	18,3	17,6	16,1	16,9	18,5	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	18,8	16,4	15,9	17,0	18,3	17,6	16,1	16,9	18,5	
K 1.5.2	160,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	20,8	17,9	16,7	17,6	18,8	18,3	16,9	18,6	20,4	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	20,8	17,9	16,7	17,6	18,8	18,3	16,9	18,6	20,4	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	20,8	17,9	16,7	17,6	18,8	18,3	16,9	18,6	20,4	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	20,8	17,9	16,7	17,6	18,8	18,3	16,9	18,6	20,4	
K 1.5.3	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,8	21,8	20,1	17,8	17,9	17,5	18,4	21,2	22,6	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,8	21,8	20,1	17,8	17,9	17,5	18,4	21,2	22,6	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,8	21,8	20,1	17,8	17,9	17,5	18,4	21,2	22,6	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,8	21,8	20,1	17,8	17,9	17,5	18,4	21,2	22,6	
K 1.5.4	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	26,6	24,6	21,7	18,6	18,6	18,2	19,8	23,8	26,1	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	26,6	24,6	21,7	18,6	18,6	18,2	19,8	23,8	26,1	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	26,6	24,6	21,7	18,6	18,6	18,2	19,8	23,8	26,1	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	26,6	24,6	21,7	18,6	18,6	18,2	19,8	23,8	26,1	
K 1.5.5	120,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,0	21,1	19,5	17,4	17,7	17,3	18,0	20,6	21,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,0	21,1	19,5	17,4	17,7	17,3	18,0	20,6	21,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,0	21,1	19,5	17,4	17,7	17,3	18,0	20,6	21,9	
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,0	21,1	19,5	17,4	17,7	17,3	18,0	20,6	21,9	
K 1.5.6	160,0	Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,7	21,7	19,9	18,4	18,9	18,3				

Výsledky výpočtů:

Výpočet byl proveden s použitím průměrných hodnot pro jednotlivé měsíce otopného období. Průměrné měsíční hodnoty byly následně přepočítány na celkové měsíční součty a celkové roční provozní náklady na pohon ventilátoru a náklady na pokrytí tepelných ztrát během otopného období.

Tab. 21 Výpočet provozních nákladů systémů VZT s TČ + ÚT_{ele} při přepočtu na min. teplotu

VZT TČ + ÚT_{ele} - přepočet na minimální teplotu vzduchu										
Měsíce	Prům. teplota	Měsíční tepelné ztráty	Příkon ventilátorů	Průměrný příkon kompresorů	Průměrná minimální teplota vzduchu SUP	Průměrný tepelný výkon TČ (zaregulovaný)	Množství tepelné energie TČ vzduch-vzduch	Využití tepla od sekundárního zdroje	Celkový elektrický příkon vč. Útele	Celkové náklady VZT TČ, Útele
	[°C]	[kWh]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
leden	-2,50	26529	1,72	5,93	18,19	25,52	18987	7542	13232	27 259 Kč
únor	-0,36	20094	1,72	4,79	16,50	20,77	14456	5638	10166	20 942 Kč
březen	3,57	14615	1,72	3,62	16,50	15,92	11844	2770	6743	13 892 Kč
duben	9,17	5982	1,72	1,97	16,50	9,07	6530	142	2801	5 771 Kč
květen	14,00	-851	1,72	0,85	17,56	4,39	3266	0	1911	3 937 Kč
září	13,86	-920	1,72	0,77	17,18	4,06	2923	0	1792	3 692 Kč
říjen	8,61	7601	1,72	2,12	16,50	9,67	7194	406	3262	6 719 Kč
listopad	3,87	16185	1,72	3,66	16,91	16,10	11592	4593	8469	17 446 Kč
prosinec	-0,86	24005	1,72	5,34	17,88	23,08	17172	6834	12088	24 900 Kč
Celkový součet (otopné období)			11 297 kW/h				93 965		60 464	124 557 Kč
Celkový součet (roční)			15 102 kW/h							132 395 Kč

Tab. 22 Výpočet provozních nákladů systémů VZT s TČ + ÚT_{TČ} při přepočtu na min. teplotu

VZT TČ + ÚT_{TČ} - přepočet na minimální teplotu vzduchu													
Měsíce	Prům. teplota	Měsíční tepelné ztráty	Příkon ventilátorů	Průměrný příkon kompresorů	Průměrná minimální teplota vzduchu SUP	Průměrný tepelný výkon TČ (zaregulovaný)	Množství tepelné energie TČ vzduch-vzduch	Využití tepla od sekundárního zdroje	Topný faktor TČ vzduch - voda	Množství tepelné energie TČ vzduch-voda	Množství tepelné energie od bív. zdroje ele	Celkový elektrický příkon (VZT+ÚT _{TČ})	Celkové náklady VZT TČ, ÚT _{TČ}
	[°C]	[kWh]	[kW]	[kW]	[°C]	[kW]	[kWh]	[kWh]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
leden	-2,50	26529	1,72	5,93	18,19	25,52	18987	7542	3,2	2089	5453	11796	24 300 Kč
únor	-0,36	20094	1,72	4,79	16,50	20,77	14456	5638	3,35	447	5191	9853	20 297 Kč
březen	3,57	14615	1,72	3,62	16,50	15,92	11844	2770	3,8	447	2324	6414	13 214 Kč
duben	9,17	5982	1,72	1,97	16,50	9,07	6530	142	4,2	41	0	2669	5 498 Kč
květen	14,00	-851	1,72	0,85	17,56	4,39	3266	0	4,43	0	0	1911	3 937 Kč
září	13,86	-920	1,72	0,77	17,18	4,06	2923	0	4,42	0	0	1792	3 692 Kč
říjen	8,61	7601	1,72	2,12	16,50	9,67	7194	406	4,17	150	256	3148	6 484 Kč
listopad	3,87	16185	1,72	3,66	16,91	16,10	11592	4593	3,82	284	4308	8259	17 013 Kč
prosinec	-0,86	24005	1,72	5,34	17,88	23,08	17172	6834	3,3	1540	5294	11014	22 690 Kč
Celkový součet (otopné období)			11 297 kW/h				93 965			4997	22827	56856	117 124 Kč
Celkový součet (roční)			15 102 kW/h										124 948 Kč

Hodnocení výpočtu:

Na začátku výpočtu byly použity průměrné hodnoty venkovních teplot, tepelných ztrát a tepelných výkonů jednotlivých měsíců. Tyto hodnoty nezohledňují okamžité hodnoty teplotních parametrů a tím zkresluji konečný výsledek. Lze ale sledovat tendenci, že při teplotách, vhodných pro přívod vzduchu do větších bytových jednotek, může docházet k přetápění jednotek menších, proto občas musíme zaregulovat jednotku na menší výkon. Proporcionálně snížení výkonu VZT TČ, se zvětšuje výkon sekundárního nebo bivalentního elektrického zdroje tepla. Použití jednotky VZT s TČ proto ztrácí svůj prvotní význam kvůli zvyšujícím se provozním nákladům.

Složitější regulace má za následek i problém s rozúčtováním nákladů na teplo mezi obyvatele jednotlivých bytových jednotek, jelikož se jedná o primární zdroj tepla. Rozúčtování lze provádět pomocí regulátorů konstantního průtoku, které reagují na změnu průtoku vzduchu v jednotlivých bytových jednotkách. Při tom se výrazně zvyšují

pořizovací náklady na technologií z důvodu nutnosti instalace složitějšího systému MaR (měření a regulace).

VZT jednotka s okruhem tepelného čerpadla může být výhodná při aplikacích v objektech s velkými otevřenými plochami, kde potřeba tepla je homogenní a tím odpadá nutnost regulace mezi jednotlivými místnostmi.

Kvůli složitější regulaci tepelného výkonu na konkrétním objektu, a tím i vyšším provozním nákladům se nejeví výhodnou instalace vzduchotechnické jednotky s okruhem tepelného čerpadla, a tudíž při se nejeví výhodnou, a tudíž při porovnání jednotlivých způsobů větrání a vytápění nebude zohledněna možnost použití VZT TČ.

6. Volba systému větrání a vytápění

Na základě výpočtů, provedených v kap. 5.4 byly zjištěny provozní náklady jednotlivých kombinací systémů větrání a vytápění. Porovnání těchto technologických kombinací musí zohledňovat i pořizovací náklady na technologie a montáž jednotlivých systémů. Minimální doba pro výpočet nákladu je patnáct let, jelikož se jedná o obvyklou dobu životnosti kompresoru chladicího okruhu.

6.1 Pořizovací náklady na systémy VZT

VZT trasy jak centrálního, tak i decentrálního systémů se téměř neliší. Mají ale různý počet a účel příslušenství. Při použití decentrálního systému, narůstá množství potrubí a potrubní izolace, pokud je jednotka instalována ve venkovním prostoru (na střeše objektu). Takže je zapotřebí použití uzavíracích regulačních klapek se servopohony z důvodu regulace průtoku jednotlivých bytů na každé potrubní větvi. Naopak, klesá počet tlumičů hluku a prvků protihlukové ochrany obecně. Lze proto posoudit, že pořizovací náklady na celé centrální a decentrální VZT systémy jsou obdobné nebo rozdíl je v jednotkách procentech, nikoliv v desítkách. Na pořizovací náklady systémů VZT, kromě samotných VZT jednotek nebyl brán zřetel. Pořizovací náklady centrálního VZT systému však, z důvodu složitějšího systému MaR mají přírážku na regulační klapky a servopohony.

Pořizovací náklady jednotky centrálního systému VZT:

- 1ks VZT jednotka ATREA ROTO-N 5000–312 000 Kč vč. regulace (bez DPH) – informace od výrobce
- 28ks regulační klapky těsné + servopohony Mandík RKKTM ø100–160 mm – 89 000 Kč (bez DPH) [37]

Dohromady náklady na technologii centrálního systému VZT (vč. jednotek regulace průtoku) činí 401 000 Kč bez DPH nebo 461 150 Kč s DPH (DPH 15 %).

Pořizovací náklady jednotky decentrálního systému VZT s bytovými jednotkami:

- 25ks VZT jednotky VUT 180 P5B vč. regulace – 33 132 Kč/kus (bez DPH) [38]
- 3 ks VZT jednotky VUT 270 P5B vč. regulace – 36 384 Kč/kus (bez DPH) [39]

Dohromady náklady na technologii decentrálních systémů VZT činí 937 452 Kč bez DPH nebo 1 078 069 Kč s DPH (DPH 15 %).

Informaci o cenách technologii lze získat od jednotlivých výrobců, když ceny montáže systémů vytápěné se u jednotlivých firem liší. Při výpočtu proto byly použity průměrné hodnoty cen montáže systémů ÚT na m² od několika montážních firem. Součet užitných ploch bytů činí 1 365 m².

6.2 Pořizovací náklady na systémy ÚT**Pořizovací náklady systému vytápění s TČ:**

- TČ Dimplex LA60TU – 775 000 Kč (bez DPH) [40]
- Akumulační nádrž Dražice UKV 500 – 13 057 Kč (bez DPH) [41]
- Topná příruba (bivalentní zdroj) 15 kW – 4 788 Kč (bez DPH) [42]
- Náklady na montáž teplovodního systému vytápění vč. materiálu přírub, rozdělovačů, regulace atd. – 1 500 Kč/m² (vč. DPH), tj. 2 047 500 Kč pro plochu 1 365 m²

Dohromady náklady na technologii (pořizovací i montážní) teplovodního systému ÚT činí 2 573 279 Kč bez DPH nebo 2 959 270 Kč s DPH (DPH 15 %).

Pořizovací náklady systému vytápění ELE:

- Náklady na montáž ELE systému teplé podlahy vč. materiálu a regulace – 500 Kč/m² (vč. DPH), tj. 682 500 Kč pro plochu 1365 m²

6.3 Náklady na údržbu a servis systémů VZT

Vzduchotechnické jednotky, z hlediska údržby a servisu, nepotřebují častých zásahu. Servisní činnost je výjimkou. Pro správný chod jednotky a splnění hygienických požadavků je však důležitá včasná výměna filtrů. Výrobce Atrea doporučuje výměnu filtrů jednou za 2-3 měsíce, požadavky se však mění dle lokality [43]. Stejně požadavky na výměnu filtrů klade i výrobce Vents [44]. Jelikož pravidelná výměna filtrů výrazně zvyšuje provozní náklady, musí být zohledněna i při výpočtech pořizovacích a provozních nákladů.

Pro základní filtraci F7/G4 ve větších VZT jednotkách, výrobce Atrea nabízí výměnnou filtrační tkaninu. Cena jednoho balení 2 x F7/G4 činí 700 Kč bez DPH [45]. Při pravidelné doporučované výměně filtrační tkaniny jednou za tři měsíce, roční náklady na filtrační tkaninu činí 1 400 Kč bez DPH tedy 21 000 Kč bez DPH nebo 24 150 Kč

s DPH (DPH 15 %) po dobu patnácti let. Výrobce Vents nabízí vlastní filtry pro rekuperační jednotky VUT 180 P5B a 270 P5B za ceny přibližně 350 Kč vč. DPH za filtr F7 a 300 Kč vč. DPH za filtr G4 pro jednotku VUT 180 P5B a 310 Kč vč. DPH za filtr F8 a 280 Kč vč. DPH za filtr G4 pro jednotku VUT 270 P5B – údaje výrobce. Při pravidelné doporučované výměně filtrů jednou za tři měsíce, roční náklady na filtry pro 25 jednotek VUT 180 P5B a 3 jednotky VUT 270 P5B činí 72 080 Kč s DPH nebo 1 081 200 Kč po dobu 15 let.

Náklady na pracovní činnost při výměně filtrů počítány nebyly, jelikož výměnu filtrů může provádět i osoba poučená nebo technický správce budovy.

6.4 Náklady na údržbu a servis systémů ÚT

Provoz systému TČ je po dobu životnosti kompresoru téměř bezúdržbový. Legislativa však nařizuje pravidelnou kontrolu těsnosti chladicích okruhu obsahujících F-plyny. Od roku 2017 platí nařízení č. 517/2014, dle kterého se mění způsob stanovení hranice pro povinné kontroly těsnosti. Ze současného limitu podle hmotnosti chladiva se přechází na hranici podle ekvivalentní hmotnosti CO₂ (dále CO₂-eq), kterou je možné vypočítat z ukazatele GWP [46]

Tab. 23 Četnost kontrol chladicích okruhu dle obsahu chladiva (47)

Obsah chladiva [tun ekvivalentu CO ₂]	Systém automatické detekce úniku chladiva	Četnost kontrol [měsíce]
0 až <5		žádná
5 až <50	Není	12
5 až <50	Je	24
50 až <500	Není	6
50 až <500	Je	12

Jednotka Dimplex LA 60 TU obsahuje 20,9 kg chladiva R417A (příloha X) GWP, kterého je 2346 [46]. Obsah chladiva v jednotce tedy činí 49031 kg CO₂-eq a povinná četnost kontrol chladivového okruhu dle nařízení č. 517/214 stanoví 12 měsíců.

Cena revizí chladivových okruhu je u odborných firem podobná. Můžeme tedy počítat s náklady 2600 Kč bez DPH nebo 3146 Kč s DPH (DPH 21 %) za revizi okruhu chladivového okruhu s náplní 30 až 300 kg a 350 Kč/hod bez DPH nebo 424 Kč s DPH (DPH 21 %) za hodinu přípravných prací [47]. Dohromady cena roční revize chladivového okruhu činí minimálně 3570 Kč vč. daní.

Elektrické systémy podlahového topení jsou, při správné montáži, zcela bezúdržbové. S dodatečnými náklady na údržbu a servis se tedy nepočítá.

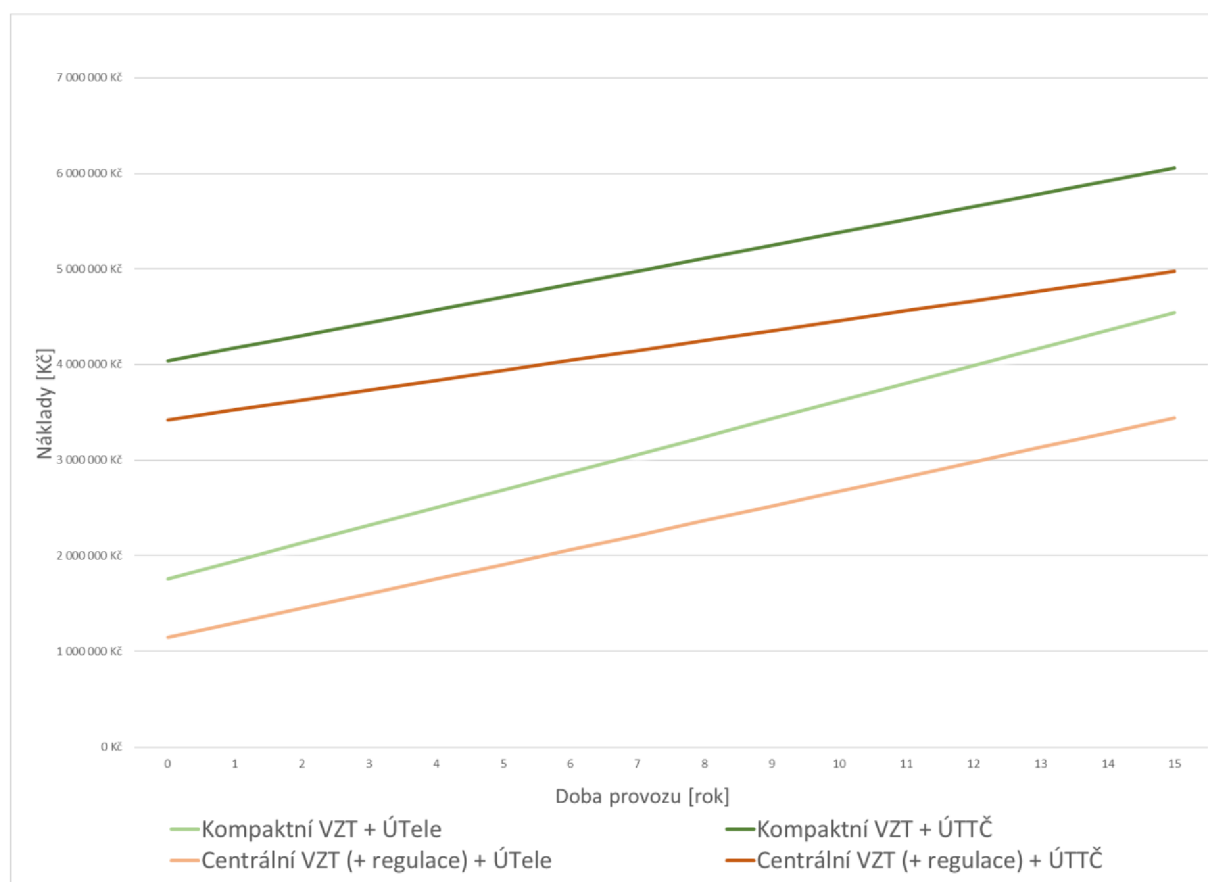
6.5 Výpočet nákladů na systémy VZT a ÚT po dobu 15 let

Výpočet byl proveden s použitím hodnot pořizovacích nákladů na jednotlivé technologie a provozních nákladů včetně nákladů na servis a revize. Při výpočtu byl uvažován kontinuální provoz systému větrání během ročního období a systémů vytápění během devíti měsíců otopného období.

Tab. 24 Výpočet nákladů na systémy větrání a vytápění

Pořizovací náklady	Kompaktní VZT + ÚTele	Kompaktní VZT + ÚTtč	Centrální VZT (+ regulace) + ÚTele	Centrální VZT (+ regulace) + ÚTtč
Technologie VZT (bez rozvodů)	1 076 172 Kč	1 076 172 Kč	461 150 Kč	461 150 Kč
4 x sada filtrů F7/G4, popř. F8/G4 (výměna 4 x ročně)	72 080 Kč	72 080 Kč	24 150 Kč	24 150 Kč
ÚT ELE (topný kabel/rohož + regulace)	682 500 Kč		682 500 Kč	
ÚT TČ (jednotka TČ + Rozvody + AKU)		2 959 621 Kč		2 959 621 Kč
Revize chladicího okruhu (1 x ročně)		3 570 Kč		3 570 Kč
Pořizovací + provozní náklady				
Roční provozní náklady	185 799 Kč	134 530 Kč	152 983 Kč	103 701 Kč
Start (pořizovací náklady)	1 758 672 Kč	4 035 793 Kč	1 143 650 Kč	3 420 771 Kč
1 rok	1 944 471 Kč	4 170 323 Kč	1 296 633 Kč	3 524 472 Kč
2 rok	2 130 270 Kč	4 304 853 Kč	1 449 616 Kč	3 628 173 Kč
3 rok	2 316 069 Kč	4 439 383 Kč	1 602 599 Kč	3 731 874 Kč
4 rok	2 501 868 Kč	4 573 913 Kč	1 755 582 Kč	3 835 575 Kč
5 rok	2 687 667 Kč	4 708 443 Kč	1 908 565 Kč	3 939 276 Kč
6 rok	2 873 466 Kč	4 842 973 Kč	2 061 548 Kč	4 042 977 Kč
7 rok	3 059 265 Kč	4 977 503 Kč	2 214 531 Kč	4 146 678 Kč
8 rok	3 245 064 Kč	5 112 033 Kč	2 367 514 Kč	4 250 379 Kč
9 rok	3 430 863 Kč	5 246 563 Kč	2 520 497 Kč	4 354 080 Kč
10 rok	3 616 662 Kč	5 381 093 Kč	2 673 480 Kč	4 457 781 Kč
11 rok	3 802 461 Kč	5 515 623 Kč	2 826 463 Kč	4 561 482 Kč
12 rok	3 988 260 Kč	5 650 153 Kč	2 979 446 Kč	4 665 183 Kč
13 rok	4 174 059 Kč	5 784 683 Kč	3 132 429 Kč	4 768 884 Kč
14 rok	4 359 858 Kč	5 919 213 Kč	3 285 412 Kč	4 872 585 Kč
15 rok	4 545 657 Kč	6 053 743 Kč	3 438 395 Kč	4 976 286 Kč

Pro názornost, výsledné hodnoty byly zapracovány do diagramu:

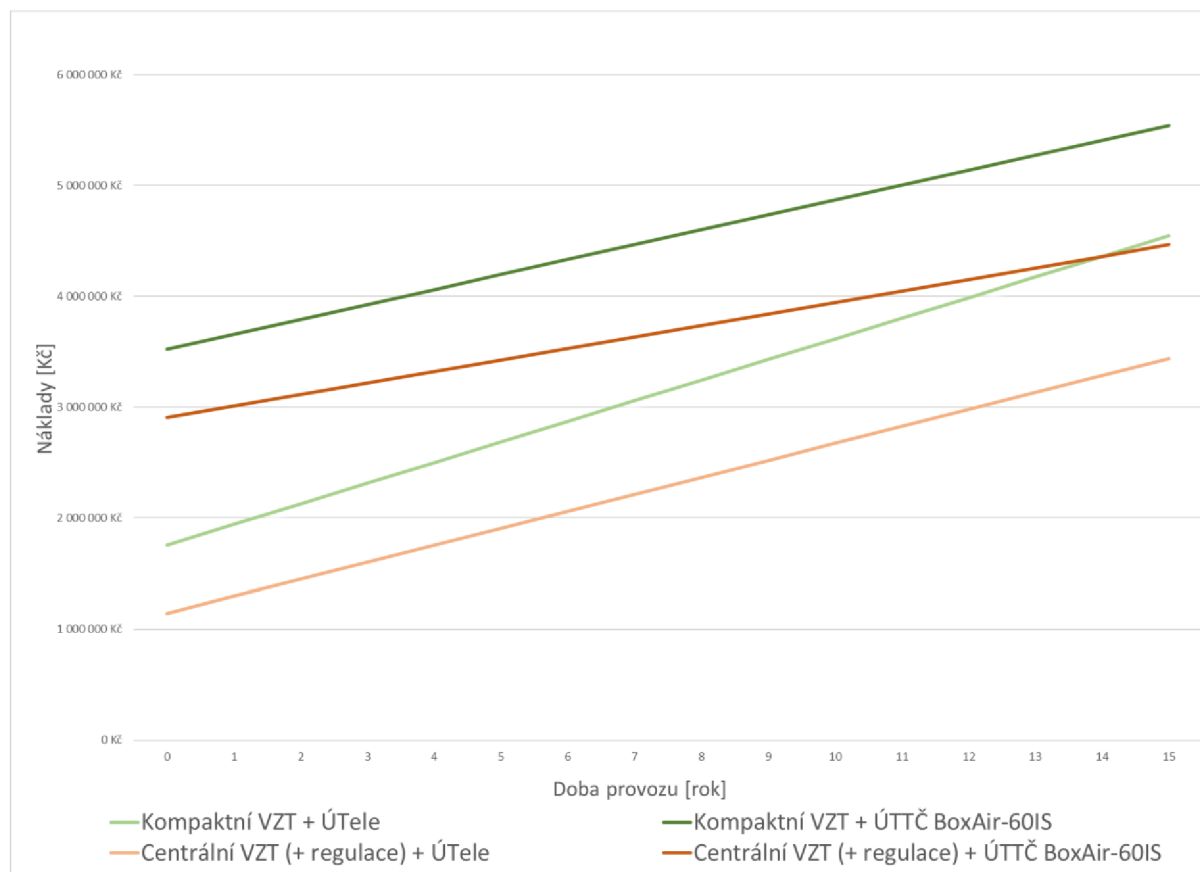


Obr. 37 Graf porovnání nákladů na jednotlivé technologie VZT a ÚT během období 15 let

Výpočet porovnání nákladů zahrnoval mnoho předpokladů jako například náklady na montáž systémů ÚT nebo VZT, tlakové ztráty rozvodů VZT, ceny jednotlivých technologií byly převzaty z otevřených zdrojů, když výrobci nabízejí individuální cenové podmínky ke každému jednotlivému případu.

I přes podmíněnost výpočtu lze sledovat tendenci, že v moderních budovách, které jsou postaveny s použitím kvalitních izolačních materiálů, se použití technologie vytápění s tepelným čerpadlem vyplácí již delší dobu. Může dojít i k tomu, že za dobu životnosti kompresoru chladicího okruhu (obvykle 15 let), teplovodní TČ, v porovnání se systémem elektrického vytápění, se nevyplatí vůbec i přes nižší provozní náklady.

Pro snížení pořizovacích nákladů na systém ÚT s TČ lze použít jednotku vzduch–voda od výrobce MasterTherm BoxAir-60IS [48], které má shodné výkonnostní a účinnostní parametry (výkon 10-35 kW, SCOP 4,47), jako i jednotka od výrobce Dimplex, ale mnohem nižší pořizovací náklady. Ve výbavě s kompresorem inverter cena jednotky činí 329 900 Kč bez DPH, tedy skoro 379 400 Kč včetně DPH (DPH 15 %). Opačnou stranou nižší ceny jsou však horší reference ohledně kvalitativní úrovně. Byl následně vytvořen nový graf porovnání nákladů na kombinaci technologií VZT a ÚT.



Obr. 38 Graf porovnání nákladů na technologie VZT a ÚT BoxAir-60IS během období 15 let

Při použití levnější jednotky TČ doba, kdy se začne použití teplovodního tepelného čerpadla vyplácet, se zkracuje, ale za cenu větší pravděpodobnosti poruchy za provozu, což ve skutečnosti zvětšuje náklady na provoz.

I přes podmíněnost výpočtu – a to jak s dražší, tak i s levnější jednotkou TČ – jsou náklady na počáteční investice a následný provoz kombinace systémů větrání s centrální jednotkou s rekuperačním výměníkem a systémem elektrického vytápění podlahou výrazně nižší než u jiných kombinací technologií. Výhodou této kombinace je také návrat části vlhkosti v rotačním výměníku a tím i vyřešení problému možného přesušení vzduchu v zimním období a minimální poruchovost obou dvou technologií VZT a ÚT.

7. Projekt systému větrání

Na základě výpočtů nákladů na investice a provoz technologií byla v projektu vzduchotechniky použita jednotka ATREA ROTO-N 5000 s rotačním entalpickým výměníkem. Z důvodu chybějících podkladů, například informací o požárně bezpečnostním řešení apod., se zde nejedná o skutečný projekt pro provádění stavby (DPS). Cílem projektu je ukázka možnosti využití zvolené vzduchotechnické technologie pro větrání a zpětné získání tepla v bytovém domě. Výkresy a výkaz výměr viz. přílohy XII – XXVI.

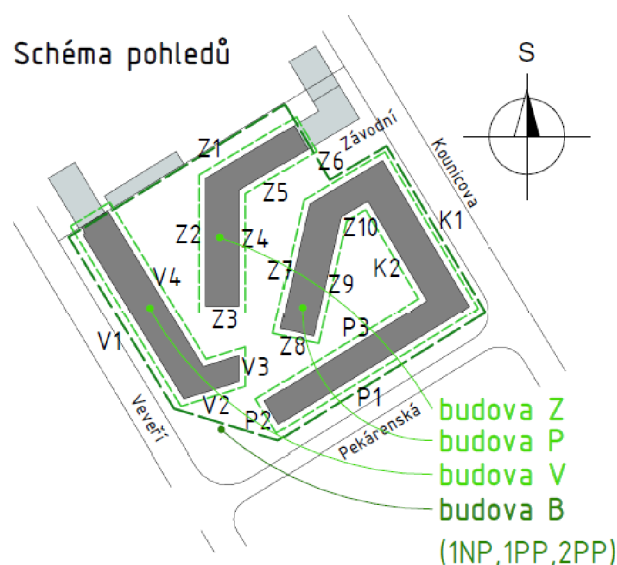
7.1 Použité normy a předpisy

Při vypracování projektu byly použity následující normy a předpisy a podklady:

- Stavební dokumentace (3D soubor ve formátu)
- Norma ČSN EN 15665/Z1 –Větrání budov –Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov
- ČSN 12 7010 -Navrhování větracích a klimatizačních zařízení
- ČSN 73 0872 -Požární bezpečnost staveb – Ochrana staveb proti šíření požáru potrubím
- Nařízení vlády č.272/2011 -NV o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Technické podklady jednotlivých prvků

7.2 Údaje o stavbě, klimatické podmínky

Jedná se o bytovou část objektu K1 novostavby polyfunkční budovy „Veverí centre“ s plochou střechou, která se nachází na ulici Kounicova. Bytový objekt K1 se skládá z šesti pater o celkovém množství dvaceti osmi bytových jednotek.



Obr. 39 Schéma umístění budov projektu polyfunkčního objektu

Klimatické podmínky (dle ČSN 38 3350) [49]

Místo:	Brno
Nadmořská výška:	227 m n. m.
Normální tlak vzduchu:	95,5 kPa
Výpočtová teplota vzduchu:	
léto	+ 29 °C
zima	- 12 °C

7.3 Popis řešení

Pro větrání bytových jednotek šesti podlaží bytového bloku polyfunkčního objektu byl navržen systém větrání, který se skládá z rekuperační jednotky, tlumičů hluku, potrubní sítě z kruhového potrubí spiro a distribučních elementů. Rekuperační jednotka bude umístěna na střeše daného objektu.

7.3.1 VZT jednotka

Dopravu vzduchu z a do jednotlivých místností zajišťuje rekuperační jednotka ATREA ROTO-N 5000. V jednotce jsou umístěny vzduchové filtry na přívodním a odvodním vzduchu. Filtr na přívodu je třídy F7, tj. Filtr pro jemný prach, účinný pro filtraci částic $\geq 1 \mu\text{m}$ [50]. Na odvodním vzduchu je použit filtr G4 z důvodu ochrany rotačního výměníku před zaprášením. K zpětnému získání tepelné energie z odváděného vzduchu je v jednotce umístěn protiproudý entalpický regenerační rotační výměník. Dopravu vzduchu zajišťují ventilátory s EC motory, jejichž otáčky lze měnit dle aktuálních požadavků. Ve vybraných místnostech (WC, koupelna a kuchyně), bylo instalováno tlačítko pro nárazové větrání, které umožní po dobu např. 10 minut po stisku tlačítka zvýšení výkonu VZT jednotky. Po této době přejde jednotka zpět do nastaveného režimu. Jednotka je umístěna na střeše bloku K1 a je konstrukčně přizpůsobena odolávat vlivům venkovního prostředí. Umístění jednotky odpovídá minimálním požadavkům na minimální manipulační prostor.

Vzduchotechnická jednotka s rotačním výměníkem – Atrea ROTO-N 5000

- Napájení: 400 V / 50 Hz
- Maximální elektrický příkon:..... 5,1 kW
- Maximální průtok přiváděného vzduchu*:6600 m³/h
- Maximální průtok odváděného vzduchu*:6600 m³/h
- Maximální nom. průtok dle ErP 2018:.....5050 m³/h
- Maximální počet otáček:2980 min⁻¹
- Maximální účinnost rekuperace: 85 %
- Maximální topný výkon elektrický:..... 12,6 kW
- Hmotnost:565-635 kg

* Při vnějším statickém tlaku 0 Pa

7.3.2 Distribuční síť

Potrubí pro přívod čerstvého i odvod znehodnoceného vzduchu je navrženo z kruhového potrubí spiro. Připojení k VZT jednotce má hranaté příruby a je řešeno přes tvarovky-přechodky. Potrubí je vedeno v podhledech jednotlivých místností. Vzhledem k účinnosti rekuperace není z hlediska rizika kondenzace vodních par nutné přívodní potrubí do jednotlivých místností tepelně izolovat. Tepelně izolované bude pouze potrubí vedoucí od rekuperační jednotky do jednotlivých stoupaček (sání a výfuk jednotky) na střeše objektu. Tloušťka tepelné izolace je stanovena tak, aby s bezpečnou rezervou nedocházelo ke kondenzaci vodních par na vnějším povrchu potrubí (příp. izolace) a aby se zamezilo nadměrné tepelné ztrátě přes potrubí.

Návrh izolace potrubí:

Tepelná ztráta potrubí se počítá dle vztahu sdílení tepla vedením pro rovinné nebo válcové stěny (dle Fourierova zákona):

$$\dot{q} = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx} \quad (20)$$

Kde:

λ – tepelná vodivost

$\frac{dT}{dx}$ – teplotní gradient

Integrací, vynásobením plochou a s uvažovaným přenosu tepla konvekcí dostaneme výsledné tvary rovnic pro rovinné a válcové stěny (hranaté a kruhové potrubí):

Vedení tepla složenou rovinnou stěnou:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot S \quad (21)$$

Kde:

ΔT – rozdíl teplot na obou stranách potrubí

d – tloušťka vrstvy materiálu

λ – tepelná vodivost vrstvy materiálu

α – součinitel přestupu tepla

S – plocha stěny

Vedení tepla složenou válcovou stěnou:

$$\dot{Q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \Delta T}{\frac{1}{R_{out} \cdot \alpha_{out}} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \cdot \ln \frac{r_{i+1}}{r_i} + \frac{1}{R_{in} \cdot \alpha_{in}}} \cdot S \quad (22)$$

Kde:

ΔT – rozdíl teplot na dvou stranách potrubí

r – poloměr vrstvy materiálu

R – vnější nebo vnitřní poloměr trubky

λ – tepelná vodivost vrstvy materiálu

α – součinitel přestupu tepla

S – plocha stěny

V praxi často z důvodu proměnlivých hodnot součinitelů prostupu a přestupu tepla lze použít jednodušší postup a použít speciální návrhový software, například „Tloušťka tepelné izolace“ od projekčního kanceláře Qpro [51]. Pro výpočet byly použity údaje často používané izolace pro VZT potrubí ISOVER Orstech LSP 40. Udávaná hodnota součinitele tepelné vodivosti λ při 0 °C je 0,038 W/m·K [52]. Nejdelší úsek potrubí na střeše je přibližně 30 m dlouhý. Výpočty byly provedeny pro venkovní teplotu -12 °C a vnější větrný typ prostředí. Při výpočtech bylo zjištěno, že nejnižší teplota vzduchu po průchodu nejdelším úsekem izolovaného potrubí na střeše budovy při použití izolace o tloušťce 40 mm činí přibližně 15 °C. Při celkovém ochlazení přívodního vzduchu o 1,5 °C bude celková tepelná ztráta přibližně 1,8 kW. Jedná se o dodatečnou ztrátu k pokrytí elektrickým ohřivačem jednotky. Při použití izolace o tloušťce 50 mm, je nejnižší teplota vzduchu po průchodu izolovaným potrubím přibližně 15,34 °C. Rozdíl teplot mezi vstupní a výstupní teplotou vzduchu při použití izolace tl. 40 mm činí 1,5 °C a cena izolace je 218 Kč/m² bez DPH. Rozdíl teplot mezi vstupní a výstupní teplotou vzduchu při použití izolace tl. 50 mm činí 1,16 °C a cena izolace je 266 Kč/m² bez DPH. Při porovnání tepelných vlastností a ceny jednotlivých tloušťek izolace lze dojít k závěru, že použití izolace o tloušťce 50 mm je výhodnější, jelikož izolace o tloušťce 50 mm má o 18 % větší pořizovací náklady v porovnání s tenčí izolací, když výsledné tepelné ztráty se zmenšují o přibližně 22,7 %. Pro daný projekt systému VZT byla zvolena izolace ISOVER Orstech LSP 40 o tloušťce 50 mm.

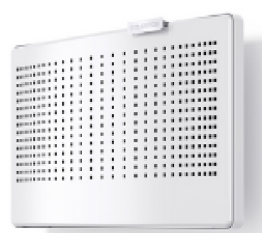
7.3.3 Distribuční elementy

Distribuce vzduchu je řešena s použitím přívodních a odvodních potrubních elementů. Čerstvý vzduch je přiváděn nejčastěji do obytných místností a znehodnocený odsáván z hygienického a technického zázemí bytu. Proudění vzduchu mezi místnostmi je zajištěno netěsností dveří, která je nejvíc tvořena spárou o výšce minimálně 10 mm. V případě instalace těsných dveří je nutné použití přeslechových stěnových mřížek nebo dveří s padacím prahem a zvuk tlumící štěrbinou pro proudění vzduchu. Místnosti, v kterých není instalovaný přívod ani odvod vzduchu, jsou provětrány kaskádově vzduchem proudícím mezi místnostmi.

Nároky a požadavky na distribuční elementy při jejich návrhu byly následující:

- Minimální tlaková ztráta elementu i při režimu nárazového větrání
- Minimální hodnota akustického tlaku ($L_{pA} \leq 20$ dB)
- Maximální rychlost proudění v místech pobytu osob 0,2 m/s
- Atraktivita elementu z hlediska designu a celkové zpracování

Všechny přívodní elementy byly zvoleny z produkční řady výrobce Climecon [53]. Pomocí firemního software od společnosti Climecon „VENTX“ lze nejenom získat data o tlakových ztrátách jednotlivých elementů a hladinách produkovaného aerodynamického hluku při konkrétních průtocích, ale i přesně namodelovat tvar proudu přívodního vzduchu v jednotlivých místnostech.

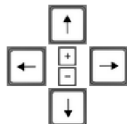


CLIK-100

Proud vzduchu	50 m ³ /h
Velikost	Ø100 mm
Tlaková ztráta	16 Pa
Hladina hluku	< 20 L _{pA10} dB(A)
Dosah proudění	4,7 L _{0,20} [m]
Základní rozměry	273,0 x 169,0 (A x B) [mm]
Hmotnost	1,00 kg

Rychlost vzduchu

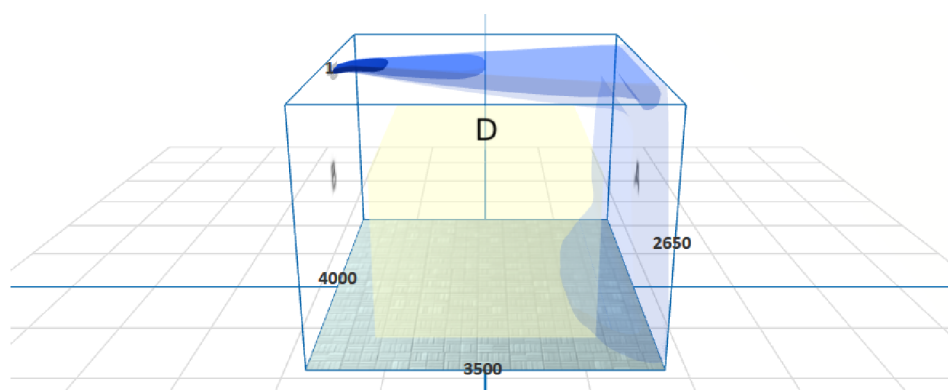
0.15 m/s 0.2 m/s 0.3 m/s 0.5 m/s



Vymazat parametry

Ceiling Optimalizovat průtok vzduchu

Dosah proudění 1: 6.8 m



Obr. 40 Příklad výpočtu provozních parametrů elementu pro přívod vzduchu a optimalizace jeho umístění

Použití software VENTX umožňuje volbu vhodného potrubního elementu s uvažováním a tedy i okamžitou eliminaci možnosti obtěžování člověka průvanem tj. vzduchem jehož rychlost proudění přesahuje 0,2 m/s.

V projektu jsou použité prvky přívodu vzduchu určeny jak pro stěnovou montáž, tak i montáž do SDK panelů sníženého podhledu. Každý přívodní element obsahuje magnetické pásky, kterými lze nejen jemně regulovat tlakovou ztrátu elementu a tím i průtok, ale i usměrňovat proud vzduchu do požadovaného místa.

Při návrhu odvodních elementů byly použity jak klasické talířové ventily, tak i designové prvky určené pro montáž do SDK profilů. V kuchyních byly použity mřížky pro odtah vzduchu od AWE od společnosti Halton [54].

Každý distribuční prvek byl zvolen tak, aby odpovídal designu interiéru. Umístění elementů, hlavně v obytných místnostech, bylo určeno s ohledem na referenční plochy nebo čáry, například osu místnosti, osu okna apod.

7.3.4 Tlakové ztráty a zaregulování

Návrh potrubních tras a volba potrubních elementů byly provedeny s důrazem na minimalizaci tlakových ztrát. Navržená rychlost proudění vzduchu v potrubí nepřesahuje 2,5 m/s (výjimečně 3 m/s) v bytových rozvodech a 3,5 m/s (výjimečně 4 m/s) ve střešních rozvodech.

Pro výpočet tlakových ztrát byly provedeny dílčí výpočty, při kterých byly použity následující předpoklady:

- Hustota vzduchu $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$
- Dynamická viskozita $\mu = 0,00001814 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- Kinematická viskozita $\nu = 1,51167\text{E-}05 \text{ m}^2/\text{s}$ (μ/ρ)
- Drsnost stěn vzduchovodů (pozinkovaný plech) $\varepsilon = 1,15 \text{ mm}$

Výpočet Reynoldsova čísla [55]:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (23)$$

Kde:

w – rychlost proudění vzduchu [m/s]

d – charakteristický rozměr (průměr) [m]

ν – kinematická viskozita [m^2/s]

Výpočet součinitele tření pro turbulentní proudění [55]:

$$\lambda = \frac{0,0812}{Re^{0,125} \cdot d^{0,11}} \quad (24)$$

Kde:

Re – Reynoldsovo číslo [-]

d – charakteristický rozměr (průměr) [m]

Výpočet tlakových ztrát třením [55]:

$$\Delta p_{z,t} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (25)$$

Kde:

λ – součinitel tření pro turbulentní proudění [-]

l – délka potrubí [m]

d – charakteristický rozměr (průměr) [m]

w – rychlost proudění vzduchu [m/s]

ρ – hustota vzduchu [kg/m³]

Výpočet místních tlakových ztrát [55]:

$$\Delta p_{z,m} = \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (26)$$

Kde:

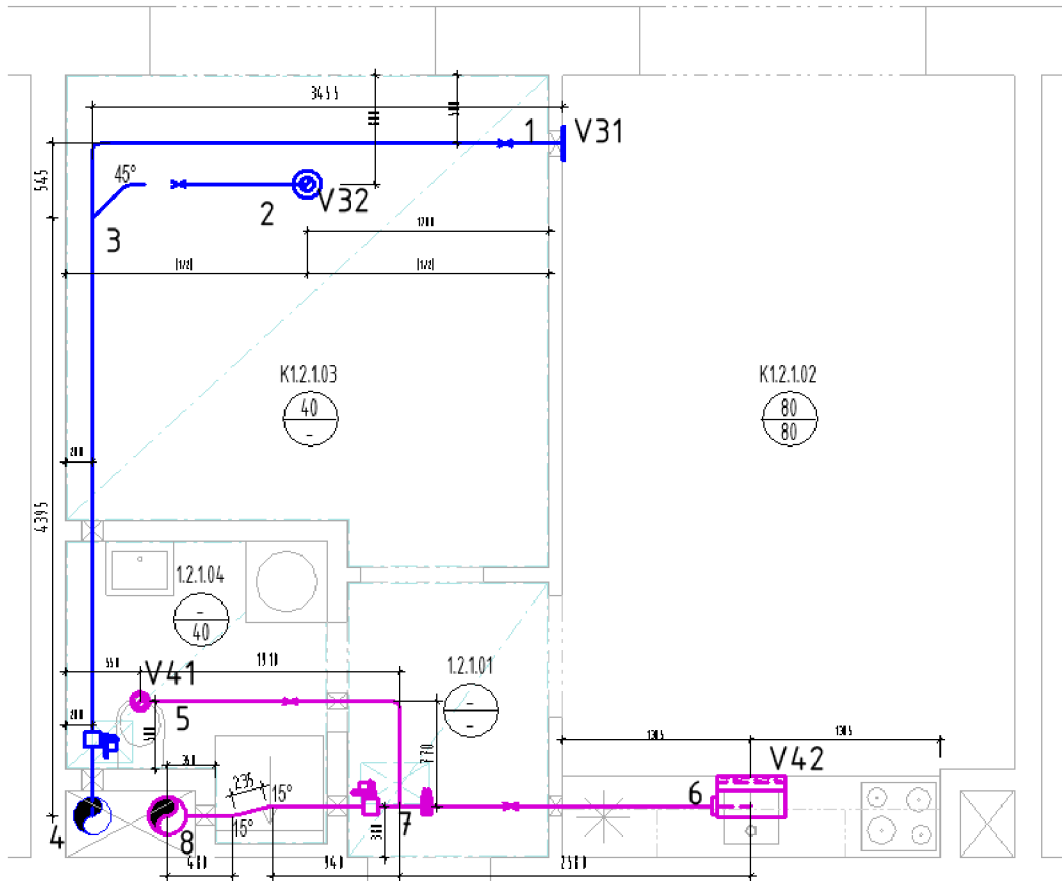
ξ – součinitel místní tlakové ztráty [-]

w – rychlost proudění vzduchu [m/s]

ρ – hustota vzduchu [kg/m³]

S použitím dílčích výpočtů by vytvořen soubor pro výpočet tlakových ztrát tras VZT potrubí. Hodnoty součinitelů místních tlakových ztrát ξ byly převzaty ze software pro výpočet místních odporů Qpro [56]. Hodnoty součinitelů tlakových ztrát přírodních/odvodních a potrubních elementů byly převzaty z firemního software „VentX“ od společnosti Climecon nebo jiných firemních podkladů.

Při výpočtu byla použita zjednodušená schémata VZT tras potrubí, přičemž přírodních/odvodních elementů dostaly značení „V“ – vyústky, jednotlivé potrubní úseky dostaly číselné značení. Výpočet začíná zadáním vlastností přírodních/odvodních elementů a zadáním průtoku vzduchu. Dále vlastnosti přebírá potrubní element. S použitím dílčích výpočtů lze vypočítat tlakové ztráty třením a místní tlakové ztráty. Výsledkem výpočtu je součet ztrát větví potrubní trasy v jednotlivé bytové jednotce.



Obr. 41 Zjednodušené schéma VZT trasy v bytové jednotce K1.2.1

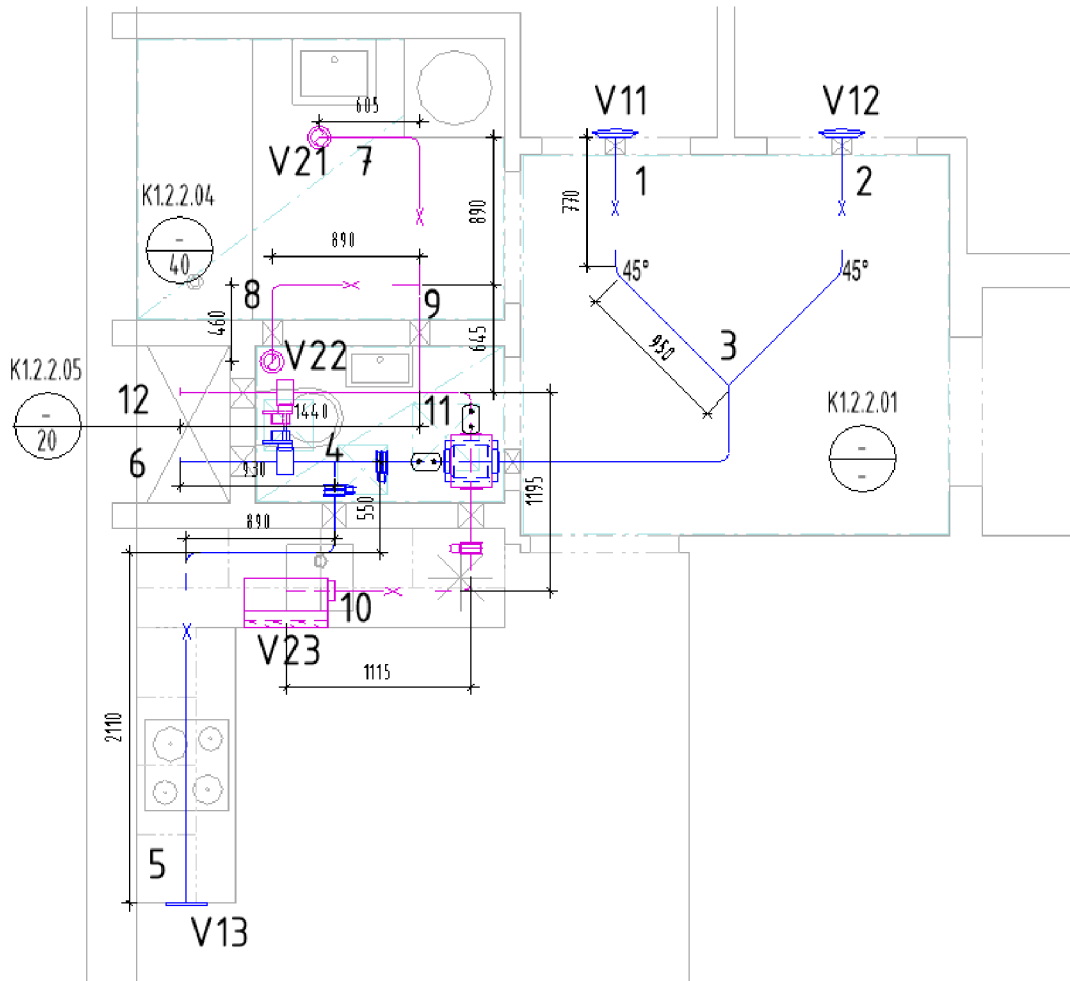
Tab. 25 Výpočet tlakových ztrát přívodní VZT trasy v bytové jednotce K1.2.1

úsek		distrib. prvek	průtok	průtok	rychlost	délka	ekv. průměr	Reynoldsov o číslo	součinitel tření	tlaková ztráta třením	celk. tlaková ztráta třením	součinitel místní ztráta	místní tl. ztráta	celková tlak. ztráta	ztráta konkr. Prvku	Celková tlaková ztráta s prvkem	Prvek	
		Q_{dp}	Q	Q	ϕ	w	L	d_k (kruh.)	R_e	λ	Δp	$\Delta p \cdot L$	ξ	Z_m	$\Delta p \cdot L + Z_m$	Z_p	$\Delta p \cdot L + Z_m + Z_p$	
z	do	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /s]	kruh. [mm]	[m/s]	[m]	[-]	[-]	[Pa/m]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]		
v31	1	80	80	0,022	160	1,11	0,00	0,16	11698,27	0,0308	0,14	0,00	0,00	0,00	14,5	14,50	Fino 160	
1	3		80	0,022	125	1,81	4,00	0,13	14973,78	0,0307	0,48	1,93	0,4	0,79	2,72	1	3,72	
V32	2	40	40	0,011	100	1,41	0,00	0,10	9358,61	0,0334	0,40	0,00	0,00	0,00	12	12,00	Rino 100	
2	3		40	0,011	100	1,41	1,72	0,10	9358,61	0,0334	0,40	0,69	1,17	1,40	2,09	1	3,09	
3	4		120	0,033	125	2,72	4,32	0,13	22460,68	0,0292	1,03	4,46		0,00	4,46		4,46	
v41	5	40	40	0,011	100	1,41	0,00	0,10	9358,61	0,0334	0,40	0,00	0,00	0,00	12,1	12,10	VIP 100	
Součet																49,88		

Tab. 26 Výpočet tlakových ztrát odvodní VZT trasy v bytové jednotce K1.2.1

úsek		distrib. prvek	průtok	potrubí	rychlost	délka	ekv. průměr	Reynoldsov o číslo	součinitel tření	tlaková ztráta třením	celk. tlaková ztráta třením	součinitel místní ztráta	místní tl. ztráta	celková tlak. ztráta	ztráta konkr. Prvku	Celková tlaková ztráta s prvkem	Prvek
		Q_{dp}	Q	ϕ	w	L	d_k (kruh.)	R_e	λ	Δp	$\Delta p \cdot L$	ξ	Z_m	$\Delta p \cdot L + Z_m$	Z_p	$\Delta p \cdot L + Z_m + Z_p$	
z	do	[m ³ /h]	[m ³ /h]	kruh. [mm]	[m/s]	[m]	[m]	[-]	[-]	[Pa/m]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
v41	5	40	40	100	1,41	0,00	0,100	9358,61	0,0334	0,40	0,00	0	0,00	0,00	12,1	12,10	VIP 100
5	7		40	100	1,41	2,68	0,100	9358,61	0,0334	0,40	1,07	3,35	4,02	5,10	1	6,10	
V42	6	80	80	125	1,81	0,00	0,125	14973,78	0,0307	0,48	0,00	1,54	3,03	3,03	15	18,03	AWE + BOX
6	7		80	125	1,81	2,60	0,125	14973,78	0,0307	0,48	1,26	1,036	2,04	3,29	1	4,29	
7	8		120	125	2,72	1,65	0,125	22460,68	0,0292	1,03	1,70	0,3	1,33	3,03	5	8,03	
Součet																48,55	

Výsledkem výpočtu jsou hodnoty tlakových ztrát větví v bytové jednotce K.1.2.1 které činí přibližně 50 Pa na přívodu a 49 Pa na odvodu.



Obr. 42 Zjednodušené schéma VZT trasy v bytové jednotce K1.2.2

Tab. 27 Výpočet tlakových ztrát přívodní VZT trasy v bytové jednotce K1.2.2

úsek	distrib. prvek	průtok	rychlost	délka	ekv. průměr	Reynoldsov o číslo	součinitel tření	tlaková ztráta třením	celk. tlaková ztráta třením	součinitel místní Δp	místní tl. ztráta	celková tlak. ztráta	ztráta konkr. Prvku	Celková tlaková ztráta s prvkem	Prvek
	Q_{dp}	Q	w	L	d_k (kruh.)	Re_e	λ	Δp	$\Delta p \cdot L$	ξ	Z_m	$\Delta p \cdot L + Z_m$	Z_p	$\Delta p \cdot L + Z_m + Z_p$	
z	do	[m ³ /h]	[m/s]	[m]	[mm]	[-]	[-]	[Pa/m]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
v11	1	30	1,06	0,00	0,10	7018,96	0,0346	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	5,4	5,40	Clík 100
1	3	30	1,06	1,72	0,10	7018,96	0,0346	0,23	0,40	0,721	0,49	0,89	1	1,89	
V12	2	30	1,06	0,00	0,10	7018,96	0,0346	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	5,4	5,40	Clík 100
2	3	30	1,06	1,72	0,10	7018,96	0,0346	0,23	0,40	0,721	0,49	0,89	1	1,89	
3	4	60	2,12	3,84	0,10	14037,92	0,0317	0,86	3,29	1,94	5,24	8,53	10	18,53	Kříž. Kus
v13	5	80	1,11	0,00	0,16	11698,27	0,0308	0,14	0,00	0	0,00	0,00	14,5	14,50	Fino 160
5	4	80	1,81	3,18	0,13	14973,78	0,0307	0,48	1,54	3,45	6,79	8,32	5	13,32	
4	6	140	1,93	0,93	0,16	20471,97	0,0287	0,40	0,37	0,6	1,35	1,72			
Součet														62,65	

Tab. 28 Výpočet tlakových ztrát odvodní VZT trasy v bytové jednotce K1.2.2

úsek	distrib. prvek	průtok	rychlost	délka	Reynoldsovo číslo	součinitel tření	tlaková ztráta třením	celk. tlaková ztráta třením	součinitel místní Δp	místní tl. ztráta	celková tlak. ztráta	ztráta konkr. Prvku	Celková tlaková ztráta s prvkem	Prvek
	Q_{dp}	Q	w	L	Re_e	λ	Δp	$\Delta p \cdot L$	ξ	Z_m	$\Delta p \cdot L + Z_m$	Z_p	$\Delta p \cdot L + Z_m + Z_p$	
z	do	[m ³ /h]	[m/s]	[m]	[-]	[-]	[Pa/m]	[Pa]	[-]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
v21	7	40	1,41	0,00	9358,61	0,0334	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	12,1	12,10	VIP 100
7	9	40	1,41	1,50	9358,61	0,0334	0,40	0,60	0,98	1,18	1,78	1	2,78	
V22	8	20	0,71	0,00	4679,31	0,0364	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	3	3,00	VIP 100
8	9	20	0,71	1,35	4679,31	0,0364	0,11	0,15	2,24	0,67	0,82	1	1,82	
9	11	60	2,12	0,65	14037,92	0,0317	0,86	0,56	1,64	4,43	4,99	10	14,99	
v23	10	80	1,11	0,00	11698,27	0,0308	0,14	0,00	0	0,00	0,00	15	15,00	AWU+BOX
10	11	80	1,81	3,18	14973,78	0,0307	0,48	1,54	0,98	1,93	3,46	12	15,46	Kříž. Kus
11	12	140	1,93	1,44	20471,97	0,0287	0,40	0,58		0,58			0,58	
Součet													65,73	

Výsledkem výpočtů jsou hodnoty tlakových ztrát větví v bytové jednotce K.1.2.2 které činí přibližně 63 Pa na přívodu a 66 Pa na odvodu.

Jelikož při výpočtech byly místo chybějících dat tlakových ztrát některých tvarovek jako křížící kusy, boxy pro osazení odvodních mřížek apod. zadány předpoklady, je tento výpočet pouze orientační, nikoliv přesný. Tyto tvarovky jsou dělány na míru a zpravidla nebývají odzkoušeny, proto tlaková ztráta může kolísat a může být spočítána pouze experimentálně.

Většina bytových jednotek má stejné VZT trasy na stejných stoupačkách a tudíž i stejné tlakové ztráty. Z toho důvodu lze předpokládat, že celkové tlakové ztráty budou 1000–1200 Pa, v závislosti na přesných tlakových ztrátách některých prvků, což je na hranici tlakové rezervy jednotky Atrea ROTO-N 5000. Pokud při přesnějším výpočtu dojde k překročení hodnoty tlakové rezervy jednotky, lze u stejné VZT jednotky použít výkonnější ventilátory nebo zvolit jednotku o vyšším výkonu, např. Atrea ROTO-N 8000. Při provozu ventilátoru jednotky v jiném než navrženém, pracovním bodě dojde k nárůstu provozních nákladů, což je vzhledem k celkovým nákladům téměř zanedbatelné.

Pro regulaci průtoků mezi jednotlivými byty byly použity regulační klapky spojené s regulací centrální VZT jednotky. K nastavení navržených průtoků vzduchu na straně přívodního i odvodního vzduchu v jednotlivých bytech byly použity regulační klapky s ručním ovládáním a distribuční elementy s možností jemné regulace jak na straně přívodu, tak i na straně odvodu vzduchu. Stavba zajistí ke každé klapce přístup přes revizní otvor.

7.3.5 Hluk a protihluková opatření

Hygienické požadavky z hlediska účinků hluku a vibrací jsou vyjádřeny nařízením vlády o ochraně před nepříznivými účinky hluku a vibrací NV č. 272/2011 Sb. Ve znění NV 217/2016 Sb. [57].

Hygienické limity hladiny akustického tlaku ve vnitřních chráněných prostorech staveb jsou stanoveny pro denní a noční dobu:

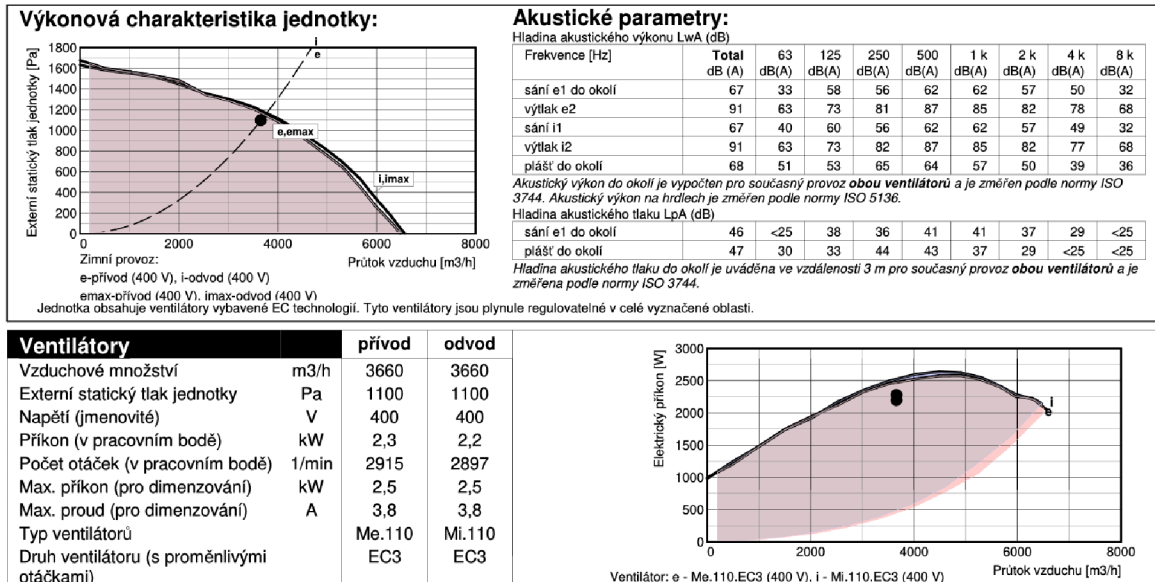
- Denní doba: 06:00 hod. až 22:00 hod. – $L_{pA,d} = 40\text{dB}$
- Noční doba: 22:00 hod. až 06:00 hod. – $L_{pA,n} = 30\text{dB}$

Hygienické limity hladiny akustického tlaku ve venkovních chráněných prostorech staveb jsou stanoveny pro denní a noční dobu:

- Denní doba: 06:00 hod. až 22:00 hod. – $L_{pA,d} = 50\text{dB}$
- Noční doba: 22:00 hod. až 06:00 hod. – $L_{pA,n} = 40\text{dB}$

Požadavkem na systém VZT je udržení maximální hladiny akustického tlaku na výše uvedených hodnotách.

Jednotka Atrea ROTO-N 5000 v nově zjištěném pracovním bodě normálního režimu větrání ($V = 3600 \text{ m}^3/\text{s}$ a $\Delta P = 1100 \text{ Pa}$) nesplňuje dané požadavky. Hodnoty akustického výkonu na přívodní a odvodní větvích potrubí jsou mnohem vyšší než útlum VZT trasy. Je proto nezbytné použití tlumičů hluku do VZT potrubí.



Obr. 43 Hodnoty akustického výkonu jednotky ROTO-N 5000 v pracovním bodě denního režimu

Nejlevnějším a účinným prostředkem ke snížení hluku šířícím se potrubím je použití jádrových tlumičů hluku ve společném potrubí za VZT jednotkou. Z důvodu zmenšení tlakových ztrát a zvětšení účinnosti tlumení hluku, byly zvoleny tlumiče o rozměrech 250/500/1000 tj. dvojice tlumičů vložených do potrubí 500x500mm jak na přívodní, tak i odvodní větví. Jedná se o jádrové tlumiče hluku JTH od společnosti Stavoklima [58]. Dále jsou použity přeslechové tlumiče hluku s nízkou instalační výškou LRCB od výrobce Lindab [59], které také snižují hluk od jednotky. Hlavním důvodem k použití přeslechových tlumičů je však omezení proniknutí hluku mezi jednotlivými místnostmi v bytě.

Průběh výpočtu:

Při výpočtu se odečítají hodnoty útlumu hluku tlumičů od hodnot akustického výkonu zdroje hluku (VZT jednotky) v jednotlivých kmitočtových pásmech. Následně se počítá výsledná hodnota akustického tlaku po průchodu tlumičem a přepočítává se na filtr A.

Výsledná hladina akustického tlaku v bodě:

$$L_p = 10 \log \sum_i^n 10^{0,1L_{pi}} \quad (27)$$

Kde:

L_p – výsledná hladina akustického tlaku

L_{pi} – hladina akustického tlaku v jednotlivém kmitočtovém pásmu

Výsledná hladina akustického tlaku v bodě přepočítána na filtr A:

$$L_{pA} = 10 \log \sum_i^n 10^{0,1(L_{pi} + K_{Ai})} \quad (28)$$

Kde:

L_{pA} – výsledná hladina akustického tlaku přepočítaná na filtr A

L_{pi} – hladina akustického tlaku v jednotlivém kmitočtovém pásmu

K_{Ai} – hodnota korekce filtru

Tab. 29 Výpočet hladiny akustického tlaku L_{pA} na přívodu při provozu v denním režimu

Položka	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Σ [dB]	Σ [dB(A)]
ATREA 5000 ROTO-N Sání i1 (3660 m ³ h - 1100 Pa)	40 dB	60 dB	56 dB	62 dB	62 dB	57 dB	49 dB	32 dB	67 dB	65 dB
JTH 2 X 250/500/1000	-11 dB	-14 dB	-23 dB	-31 dB	-33 dB	-25 dB	-23 dB	-21 dB		
LRCB 100 500	-3 dB	-10 dB	-9 dB	-18 dB	-33 dB	-50 dB	-22 dB	-14 dB		
Celkem	26 dB	37 dB	24 dB	13 dB	0 dB	0 dB	4 dB	0 dB	37 dB(A)	22 dB(A)

Použití tlumičů hluku JTH 250/500/1000 na potrubí přívodu vzduchu je plně dostačující pro zajištění hladiny akustického tlaku A menší, než maximální přípustná hodnota 40 dB. Dále jsou použity přeslechové tlumiče hluku, které dále snižují hluk na ještě nižší hodnotu a lze počítat s útlumem v samotné VZT trase.

Tab. 30 Výpočet hladiny ak. tlaku L_{pA} na přívodu při provozu v nočním režimu

Položka	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Σ [dB]	Σ [dB(A)]
ATREA 5000 ROTO-N Sání i1 (2196 m ³ h - 1100 Pa)	46 dB	57 dB	59 dB	60 dB	61 dB	56 dB	48 dB	30 dB	66 dB	64 dB
JTH 2 X 250/500/1000	-11 dB	-14 dB	-23 dB	-31 dB	-33 dB	-25 dB	-23 dB	-21 dB		
LRCB 100 500	-3 dB	-10 dB	-9 dB	-18 dB	-33 dB	-50 dB	-22 dB	-14 dB		
Celkem	32 dB	34 dB	27 dB	11 dB	0 dB	0 dB	3 dB	0 dB	36 dB(A)	22 dB(A)

Použití pouze tlumičů hluku JTH 250/500/1000 na potrubí přívodu vzduchu je pro zajištění hladiny akustického tlaku menší, než maximální přípustná hodnota 30 dB, nedostačující. Použití přeslechových tlumičů hluku zajišťuje nedostačující útlum a tedy i snížení celkové hodnoty akustického tlaku A na požadovanou hodnotu.

Tab. 31 Výpočet hladiny ak. tlaku L_{pA} na odvodu při provozu v denním režimu

Položka	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Σ [dB]	Σ [dB(A)]
ATREA 5000 ROTO-N Výtlač e2 (3660 m ³ h - 1100 Pa)	63 dB	73 dB	81 dB	87 dB	85 dB	82 dB	78 dB	68 dB	91 dB	89 dB
JTH 2 X 250/500/1500	-16 dB	-20 dB	-32 dB	-44 dB	-39 dB	-27 dB	-26 dB	-25 dB		
LRCB 100 500	-3 dB	-10 dB	-9 dB	-18 dB	-33 dB	-50 dB	-22 dB	-14 dB		
Celkem	44 dB	43 dB	40 dB	25 dB	13 dB	5 dB	30 dB	29 dB	48 dB(A)	36 dB(A)

Pro zajištění účinného útlumu na odvodu v denním režimu je zapotřebí použití delšího tlumiče hluku JTH 250/500/1500, který ale samostatně nezajišťuje útlum na požadovanou hodnotu. Použití přeslechových tlumičů hluku zajišťuje nedostačující útlum a tedy i snížení celkové hodnoty akustického tlaku A na požadovanou hodnotu.

Tab. 32 Výpočet hladiny akustického tlaku L_{pA} na odvodu při provozu v nočním režimu

Položka	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Σ [dB]	Σ [dB(A)]
ATREA 5000 ROTO-N Výtlač e2 (2196 m ³ h - 1100 Pa)	62 dB	67 dB	75 dB	80 dB	81 dB	79 dB	75 dB	65 dB	86 dB	85 dB
JTH 2 X 250/500/1500	-16 dB	-20 dB	-32 dB	-44 dB	-39 dB	-27 dB	-26 dB	-25 dB		
LRCB 100 500	-3 dB	-10 dB	-9 dB	-18 dB	-33 dB	-50 dB	-22 dB	-14 dB		
Celkem	43 dB	37 dB	34 dB	18 dB	9 dB	2 dB	27 dB	26 dB	44 dB(A)	32 dB(A)

Použití tlumičů hluku JTH 250/500/1500 i LRCB zároveň na odvodu vzduchu v nočním režimu není dostačující pro zajištění požadované hladiny akustického tlaku. Rozdíl v 2 dB ale bude snadně utlumen při průchodu vzduchu VZT trasou, jelikož každá tvarovka, potrubní prvek nebo regulační klapka je vlastně i tlumičem hluku.

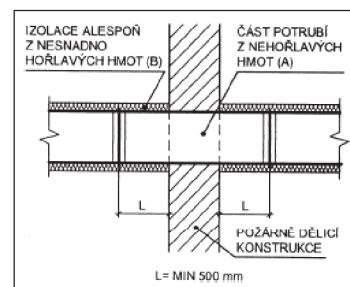
Hladiny akustického výkonu přívodu i odvodu na straně venkovního prostoru také překračují limitní hodnoty. Ke snížení hluku lze použít jak prodloužení VZT trasy a osazení tlumičů hluků, tak i instalaci akustických bariér po obvodu střechy, které zároveň mají příznivý vliv na budovu z estetického hlediska. Zároveň akustické bariéry snižují účinek větru na střeše budovy a tím i tepelné ztráty potrubím.

7.3.6 Protipožární opatření

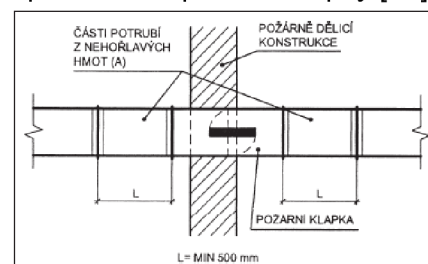
Při uplatnění požárně bezpečnostního řešení v bytových domech (PBŘ) je nejčastěji používána norma ČSN 73 0872 [60], která se vztahuje k nevýrobním objektům. Z hlediska vzduchotechniky, norma určuje pravidla přizpůsobení VZT tras při rozdělení stavby na jednotlivé požární úseky, aby se potrubím nešířili požár a jeho zplodiny.

Ochrana vzduchotechnického potrubí v místě prostupu spočívá v:

1. Použití potrubí z nehořlavých hmot alespoň při průchodu požárně dělicí konstrukcí a použití izolace alespoň z nesnadno hořlavých hmot délkou minimálně půl metru na každou stranu od požárně dělicí konstrukce.
2. Použití požární klapky v místě průchodu potrubí požárně dělicí konstrukce.

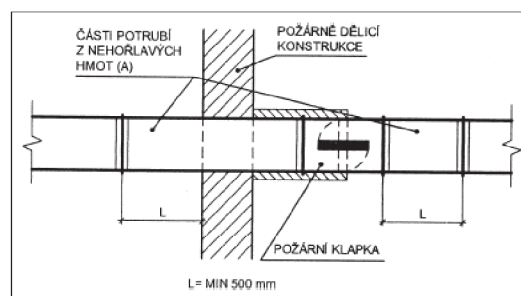


Obr. 44 Prostup vzduchotechnického potrubí bez požární klapky [61]



Obr. 45 Prostup vzduchotechnického potrubí s požární klapkou osazenou v požárně dělicí konstrukci [61]

3. Použití požární klapy mimo požárně dělící konstrukci.



Obr. 46 Prostup vzduchotechnického potrubí s požární klapkou osazenou mimo požárně dělící konstrukci [61]

Informace ohledně rozdělení stavby na požární úseky není k dispozici, proto nelze správně nabídnout vhodné PBR. V bytových domech však nejčastěji dochází k vyčlenění každé jednotlivé bytové jednotky jako zvláštní požární úsek a požárně dělícími konstrukcemi jsou stěny šachet. Pokud by toto rozdělení bylo zavedeno, pak by stěny šachet byly požárně dělícími konstrukcemi a vyžadovaly by zavedení protipožárních opatření. Norma ČSN 73 0872 umožňuje průchod VZT potrubí požárně dělícími konstrukcemi bez použití požárních klapek nebo izolace s průřezem pod 40 000 mm² a to za třech podmínek:

1. Jednotlivé prostupy stejnou požárně dělící konstrukcí nemají v součtu plochu větší, než 1/100 plochy požárně dělící konstrukce.
2. Vzájemná vzdálenost prostupu musí být nejméně 500 mm.
3. Do vzdáleností 500 mm od líce požárně dělící konstrukce nesmí být na potrubí osázeny vyústky.

Umístění prostupu pro VZT potrubí ve většině bytových jednotek i v tomto návrhu již splňují požadavek na vyřešení požární bezpečnosti bez použití požárních klapek a protipožární izolace. V ostatních jednotkách je snadné zvětšit odstup mezi prostupy pro přívodní a odvodní potrubí a tím i splnit požárně bezpečnostní požadavky.

7.4 Bezpečnostní opatření a ochrana zdraví při práci

Veškeré součásti vzduchotechniky jsou dodávány v takovém provedení, aby splňovaly veškeré bezpečnostní požadavky na ochranu zdraví a přírodního prostředí. Po celou dobu montáže, zkoušek i provozu je nutné dodržovat všechny pokyny a předpisy bezpečnosti práce pro konkrétní činnost. Takže je nutné používat všechny předepsané ochranné prostředky a stavební mechanismy, které mají prokazatelnou a platnou certifikaci.

7.5 Požadavky na související profese

Stavba

- Zhotovení potřebných prostupů, vč. zapravení
- Stavební, výpomocné práce
- Koordinace jednotlivých profesí

- Stavebně připravené místo montáže VZT jednotky, včetně povrchových úprav
- Zhotovení revizních přístupů k regulačním klapkám s revizním otvorům

Elektro (MaR)

- Napájení rekuperační jednotky |400 V / 50 Hz | samostatné jištění 32 A
- Prokabelování mezi VZT jednotkou, elektronickou sběrnici a regulačními klapkami, tlačítka regulace, nárazového větrání. Na straně jednotky nechat cca 2m konec
- *Umístění tlačítek regulace a nárazového větrání (chodba, koupelna, WC, koupelna) dle požadavků investora.*
- Zajištění regulace změny průtoku vzduchu v jednotlivých bytových jednotkách prostřednictvím integrace systému regulace VZT do řídicího systému budovy BMS (Building Management System).
- Instalovat LAN zásuvku pro napojení na internet
- Vodivé spojení potrubí, přerušené pryžovým izolátorem, zajistí profese VZT

Zdravotechnika

- Odvod kondenzátu od rekuperační jednotky $\varnothing 32$ (pouze s CHW, CHF nebo CHP)
Osadit protizápachovou uzávěrku funkční i v případě vyschnutí.

7.6 Závěr projektu VZT

Projekt byl zpracován dle platných předpisů a za předpokladu montáže a servisu proškolenými odbornými pracovníky. Případné změny nebo doplňky musejí být dohodnuty před dodávkou technologie a zahájením montáže.

Při montáži technologie a VZT rozvodů je nutný odborný stavební dozor.

8. Závěr

V této diplomové práci jsou zkoumány způsoby větrání se ZZT pro aplikaci v bytové části rozsáhlejšího polyfunkčního objektu. Hlavním požadavkem na technologie jsou minimální pořizovací a provozní náklady, při splnění technických a hygienických norem a požadavků.

Při provozu VZT jednotky s tepelným čerpadlem v bytových domech je požadovaná regulace teploty přívodního vzduchu v jednotlivých místnostech kvůli možnosti přetápění místností s vyšší intenzitou větrání. Při regulaci na požadovanou teplotu dochází ke snížení výkonu VZT jednotky a tím zvýšení příkonu sekundárního zdroje tepla. Regulace a také následné rozúčtování nákladů na provoz technologie vyžaduje sofistikovaný systém MaR, jehož pořizovací náklady mohou být srovnatelné nebo i vyšší než na samotnou vzduchotechnickou jednotku. Z hlediska jak pořizovacích i provozních nákladů, tak i regulace výkonu se tento způsob větrání se ZZT neosvědčil jako výhodný pro použití v bytových domech.

Kompaktní centrální bytové jednotky nabízejí zcela nezávislý provoz a jednodušší regulaci, proto mohou být dobrou volbou pro uživatele, které chtějí mít technologii pod vlastní kontrolou. Použití kompaktních jednotek však klade velké nároky na ochranu výměníku před zamrznutím a zaprášením, vhodné umístění v prostoru, zajištění účinného tlumení hluku, odvodnění kondensátu atd. Pořizovací i provozní náklady na kompaktní VZT jednotky jsou vyšší, v porovnání s velkými centrálními jednotkami, proto tyto jednotky nejsou vhodné pro použití v developerských projektech.

Centrální průmyslové VZT jednotky nabízejí široké možnosti pro sestavení vhodného technologického celku s různými typy výměníků ZZT i ohřevu/chlazení. Jednoduchým a současně spolehlivým zařízením pro ZZT ve vzduchotechnice se osvědčila jednotka s rotačním výměníkem tepla a elektrickým dohřevem vzduchu. V kombinaci s elektrickým podlahovým vytápěním se jedná o jeden z nejlevnějších způsobů zajištění tepelné pohody prostředí a splnění hygienických požadavků. Jednotka s rotačním výměníkem nepotřebuje protimrazovou ochranu, pracuje s největším rozdílem teplot mezi nasávaným a odvodním proudy vzduchu a je nenáročná z hlediska údržby. Další velkou výhodou jednotek s rotačními výměníky je možnost vrácení části vlhkosti při zachování vysoké účinnosti. Celkové náklady na jednotku mohou být dodatečně sníženy při instalaci technologii do temperované technické místnosti a použití teplovodního dohříváče vzduchu.

VZT jednotka s rotačním výměníkem byla následně použita při návrhu systému vzduchotechniky pro bytový blok K1 developerského projektu „Platan center“. Při návrhu byl kladen důraz na co nejlepší provětrání prostor, minimalizaci tlakových ztrát, eliminaci možnosti obtěžování průvanem, zajištění hygienických požadavků na hladinu akustického tlaku. Projekt vzduchotechniky byl vytvořen v software BIM (Building Information Modeling) Revit, který umožňuje mimo jiné snadnou a rychlou tvorbu projektu technologie technického zařízení budov.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Vyhláška č. 268/2009 Sb. *O technických požadavcích na stavby*, se změnami: 20/2012 Sb., 323/2017 Sb. [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-268-2009-sb-o-technicky-pozadavcich-na-stavby>
- [2] Komise EU: NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1253/2014 ze dne 7. července 2014, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign větracích jednotek In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1253_L_337/18
- [3] KABELE, Karel. *Změna evropské směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD 3)* [online]. 26.09.2018 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/17969-zmena-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov-epbd-3#literatura04>
- [4] ATREA s.r.o. *DUPLEX flexi*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: https://www.atrea.cz/img/jednotky/marketing_flexi_cz/marketingovy_katalog_duplex_flexi_2_cz_2019_01.pdf
- [5] ŠTEKR, Jiří. *Funkce entalpického výměníku a jeho využití*. Odborný článek, In: [online]. 19.10.2015 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.infobydleni.cz/news/vetrani-s-rekuperaci-8-funkce-entalpickeho-vymeniku-a-jeho-vyuziti/>
- [6] LAIN, Miloš. *Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II)* [online]. 20.11.2006 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13507-hodnoceni-scop-tepelnych-cerpadel-pro-vytapani>
- [7] H-RD R 400-900 EC, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.cic.cz/h-rd-r-400-900-ec/>
- [8] KASST, spol s.r.o. *Rotační výměníky tepla*, Produktový list In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://kastt.cz/wp-content/uploads/2017/11/Rotory.pdf>
- [9] TERMOWATTs.r.o. *Tepelná čerpadla TČ – základní informace*, Odborný článek, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.termowatt.cz/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-zakladni-informace.aspx>
- [10] ČSN EN 14511. *Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru, soubor norem pro zkoušení tepelných čerpadel*. ÚNMZ, 2014.
- [11] KUCHYNKA, Lubomír. *AC Heating: Faktory ovlivňující účinnost tepelného čerpadla*, Firemní článek, TZB-info, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/9147-ac-heating-faktory-ovlivnujici-ucinnost-tepelnych-cerpadel>
- [12] *EHPA Quality label*, In: [online]. 10.10.2012 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.ehpa.org/quality/quality-label/about/>
- [13] SEDLÁŘ, Jan. *Hodnocení SCOP tepelných čerpadel pro vytápění*, Odborný článek, In: [online]. 30.11.2015 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13507-hodnoceni-scop-tepelnych-cerpadel-pro-vytapani>

-
- [14] NILAN s.r.o. *VPL 15*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.nilan.cz/web/cs/obchod/katalog-a-cenik>
- [15] EVORA CZ s.r.o. *PKOM4 classic*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://pichlerluft.cz/pkom4-classic>
- [16] ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o. *Nové větrací jednotky s rekuperací tepla Duovent® Compact DV/RV plně vyhovují směrnici ErP*, Firemní článek, In: [online]. 18.11.2015 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/13461-nove-vetraci-jednotky-s-rekuperaci-tepla-duovent-compact-dv-rv-plne-vyhovuji-smernici-erp>
- [17] MANDÍK a.s. *Klimatizační jednotka s integrovaným tepelným čerpadlem*, Firemní článek, In: [online]. 07.2015 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/getattachment/eca09565-2114-4ff7-b77a-03cf752f95de/KJM-s-TC-Data-sheet.aspx>
- [18] JANKA Radotín a.s. *Společnost Janka Engineering uvádí na trh novou řadu vzduchotechnických jednotek*, Firemní článek, In: [online]. 06.04.2016 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vzduchotechnicka-zarizeni/14005-spolecnost-janka-engineering-uvadi-na-trh-novou-radu-vzduchotechnickych-jednotek>
- [19] ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o. *Moderní větrací systém s rekuperací tepla pro bytové jednotky*, Firemní článek, In: [online]. 29.06.2017 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/15974-moderni-vetraci-system-s-rekuperaci-tepla-pro-bytove-jednotky>
- [20] PALMAT s. r. o. *Rekuperační jednotka Dalap ZEPHIR LUX s dálkovým ovládáním*, Firemní článek, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/15974-moderni-vetraci-system-s-rekuperaci-tepla-pro-bytove-jednotky>
- [21] PASSIVHAUS Institut. *Testing Procedure Ventilation Central, 24.09.2009 page 1 of 9 Requirements and testing procedures for energetic and acoustical assessment of Passive House ventilation systems for Certification as "Passive House suitable component"*, Testing Procedure Ventilation Central, In: [online]. 24.09.201 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: https://passiv.de/downloads/03_Reqs_and_testing_procedures_ventilation_en.pdf
- [22] MATHAUSEROVÁ, Zuzana. *Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb*, Odborný článek, TZB–info, In: [online]. 25.02.2013 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>
- [23] TZB–info. *Průměrné venkovní teploty v otopném období pro vybrané lokality*, Tabulky a výpočty, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/26-prumerne-venkovni-teploty-v-otopnem-obdobi-pro-vybrane-lokality>
- [24] VENTILATION SYSTEM. *VENTS VUT/VUE 180 P5(B) EC air handling units with heat recovery*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://ventilation-system.com/series/vut-vue-180-p5b-ec>
- [25] VENTILATION SYSTEM. *VENTS VUT/VUE 270 P5(B) EC air handling units with heat recovery*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://ventilation-system.com/series/vents-vut-vue-270-v5b-ec>
- [26] ATREA s.r.o. *Jednotky DUPLEX 1500–5000 Roto a Roto-N*, In: [online]. [cit. 2019–05–01]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/564.jednotky-duplex-1500-5000-roto-a-roto-n>

- [27] ŠOUREK, Bořivoj. *Tepelná čerpadla*, Informační příručka pro projektanty, Odborný článek, In: [online]. 2010 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: http://www.quantumas.cz/files/ckeditor//Ke_stažení/Příručky/Příručka_tepelná_čerpadla.pdf
- [28] KRAINER, Robert. *Chladiva používaná v tepelných čerpadlech*, Odborný článek, TZB-info, In: [online]. 04.05.2015 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12647-chladiva-pouzivana-v-tepelnych-cerpadlech>
- [29] ČSN EN 378-1 (140647). *Chladicí zařízení a tepelná čerpadla – Bezpečnostní a environmentální požadavky – Část 1: Základní požadavky, definice, klasifikace a kritéria volby*. In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/503039>
- [30] Elektrobau Mulfingen GmbH & Co. *EC centrifugal fans – RadiPac*, Firemní katalog In: [online]. 07.2017 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: https://vac.ebmpapst.com/content/dam/ebmpapst/corporate/downloads/catalogues/products/en/EC_Radialventilatoren_RadiPac_2017_EN_kpl_12_07_2017_Ausdruck_klein_.pdf, S32
- [31] E.ON Energie a.s. *Ceník Komplet elektrina II*, In: [online]. 07.2017 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/-a164705---YUJ2InPu/cenik-komplet-elektrina-ii-k-28-10-2018-distribucni-uzemi-eon-distribuce-2019-pdf>
- [32] VŠB Fast. *Tepelné ztráty objektu*, Studijní materiály, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-fbi/6.html>
- [33] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor*. In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/73/32626/32626_nahled.htm
- [34] EKOWATT s.r.o. *Zisky od spotřebičů*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://ekowatt.cz/uspory/zisky-od-spotrebicu.shtml>
- [35] Meteotest AG. *Meteonorm Irradiation data for every place on Earth*, Komerční software In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://meteonorm.com/en/>
- [36] Glen Dimplex Deutschland GmbH. *LA 60TU High-efficiency air-to-water heat pump with two performance levels*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.dimplex.de/en/heat-pumps/air-to-water/outdoor-installation/la-60tu.html>
- [37] MANDÍK a.s. *Ceník-VZT*, In: [online]. 01.2019 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/Mandik/media/Download/CZ/Cenik-VZT.pdf>
- [38] MK-WENT Sp. z.o.o. *Centrala wentylacyjna z odzyskiem ciepła VUT 180 P5B EC A14*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://sklep-wentylacyjny.pl/pl/p/Centrala-wentylacyjna-z-odzyskiem-ciepła-VUT-180-P5B-EC-A14-DARMOWA-WYSYLKA/2239>
- [39] MK-WENT Sp. z.o.o. *Centrala wentylacyjna z odzyskiem ciepła VUT 270 P5B EC A14*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://sklep-wentylacyjny.pl/pl/p/Centrala-wentylacyjna-z-odzyskiem-ciepła-VUT-270-V5B-EC-A14-DARMOWA-WYSYLKA/2241>
- [40] Glen Dimplex Deutschland GmbH. *Ceník tepelných čerpadel*, In: [online]. 2018 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: http://www.dimplex.cz/docs_files/CENIK-TC-DIMPLEX.pdf?v=nmtv
- [41] GAS-TM s.r.o. *Akumulační nádrž NIBE UKV 500*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.gas.cz/akumulacni-nadrz-nibe-ukv-500/produkt/11025/397/>
- [42] PRÁŠÍL, Zdeněk. *Topné těleso 15kW 3x400V*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: [https://www.nadeta.cz/nahradni-dily/ohrivace-vody-bojler/topna-telesa-tycove/elektrokotle/topne-teleso-15kw-3x400v-opravene-priruba-d150mm-l445mm-\[id=890092061\].html?ItemIdx=5](https://www.nadeta.cz/nahradni-dily/ohrivace-vody-bojler/topna-telesa-tycove/elektrokotle/topne-teleso-15kw-3x400v-opravene-priruba-d150mm-l445mm-[id=890092061].html?ItemIdx=5)

-
- [43] BAŽANT, Martin. *Údržba systému ATREA pro větrání bytů a domů*, Firemní článek, In: [online]. 29.08.2017 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/599.udrzba-systemu-atrea-pro-ventrani-bytu-a-domu>
- [44] VENTILATION SYSTEM. *User's manual*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: https://ventilation-system.com/uploads/download/vut_vue_180_p5b_ec_manual_v170en_03.pdf, S14
- [45] VENTA spol. s.r.o. *Atrea FT 1600 filtrační textilie G4/F7*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.atreaeshop.cz/43485,atrea-ft-1600-filtracni-textilie-g4-f7-1600-3301-7000-7001-3000-2200-8000-5600-10000r.html>
- [46] STRAKA, Tomáš. *Tepelná čerpadla a kontroly těsnosti od 1. ledna 2017*, Odborný článek, In: [online]. 22.11.2016 [cit. 2019-05-01]. <https://vytapani.tzb-info.cz/14986-tepelna-cerpadla-a-kontroly-tesnosti-od-1-ledna-2017>
- [47] STROKA, Martin. *Cenový sazebník servisu montáže*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.fastro.cz/servis>
- [48] MASTER THERM tepelná čerpadla s.r.o. *Tepelná čerpadla pro velké výkony*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://mastertherm.cz/sortiment/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/tepelne-cerpadlo-easymaster/>
- [49] ČSN 38 3350 (383350). *Zásobování teplem, všeobecné zásady*. In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: http://www.technicke-normy-csn.cz/383350-csn-38-3350_4_27200.html
- [50] KS KLIMA–SERVICE a.s. *Rozdělení filtrů do tříd, vlastnosti filtrů a typické příklady použití*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.ksklimaservice.cz/cz/rozdeleni-filtru-do-trid-vlastnosti-filtru-a-typicke-priklady-pouziti>
- [51] VOPÁLKA, Karel. *Výpočet tloušťky izolace a tepelných ztrát potrubí*, Výpočtový software, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. <https://www.qpro.cz/Tloustka-izolace-potrubi>
- [52] SGCP CZ a.s. *ISOVER Orstech LSP 40*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/orstech-lsp-40>
- [53] CLIMECON Oy. *Výběr distribučního elementu*, Firemní software, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: https://ventx.climecon.fi/search_terminals.xhtml
- [54] HALTON Group Oy Ltd a.s. *AWE – Grille*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: https://www.halton.com/cs_CZ/marine/products/-/product/AWE
- [55] ZMRHAL, Vladimír. *PROJEKT – vzduchotechnika*, Studijní materiály, ČVUT, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/04_Navrh%20potrubni%20site.pdf,
- [56] VOPÁLKA, Karel. *Výpočet místních odporů při dělení potrubí*, Výpočtový software, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. <https://www.qpro.cz/Tlakova-ztrata-mistnimi-odpory>
- [57] Nařízení č. 272/2011 Sb. *O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluky a vibrací*, se změnami: 217/2016 Sb., 241/2018 Sb. [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/narizeni-c-272-2011-sb-o-ochrane-zdravi-pred-nepriznivymi-ucinky-hluku-a-vibraci>
- [58] STAVOKLIMA s.r.o. *Jádrové tlumiče hluku JTH*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.stavoklima.cz/uploads/soubory/katalog-jth-cz.pdf>
- [59] LINDAB s.r.o. *Sircual straight low–built silencer*, In: [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://itsolution.lindab.com/LindabWebProductsDoc/PDF/Documentation/ADS/Lindab/Technical/lrcb.pdf>

[60] ČSN 73 0872. *Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb šíření požáru vzduchotechnickým zařízením*. In: [online]. [cit. 2019-05-01]. https://csnonlinefirmy.agentura-cas.cz/html_nahledy/73/18389/18389_nahled.htm

[61] TOMAN, Stanislav. *Protipožární ochrana vzduchotechnických potrubních prostupů*, Odborný článek, TZB–info, In: [online]. 17.03.2005 [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/2418-protipozarni-ochrana-vzduchotechnicky-potrubnich-prostupu>

Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Jednotka	Veličina
COP (ϵ)	[-]	Topný faktor
P_c	[W]	Elektrický příkon kompresoru
P_{aux}	[W]	Elektrický příkon potřebný pro překonání tlakové ztráty výparníku a kondenzátoru, odtávání výparníku a vlastní regulaci tepelného čerpadla
$\theta_{supply\ air}$	[°C]	Teplota přívodního vzduchu
$\eta_{WRG,eff}$	[%]	Účinnost zpětného získání tepla
η	[Wh/m ³]	Elektrická účinnost ventilátorů
$V_{Leakage}$	[%]	Vzduchová těsnost jednotky
P_{Etotal}	[kWh/m ² a]	Celková spotřeba primární energie
PPM	[-]	Koncentrace
t_i	[°C]	Teplota vzduchu odváděného z interiéru
ϕ	[%]	Teplotní faktor zpětného získání tepla
t_p	[°C]	Teplota vzduchu za předehevem
t_{ZZT}	[°C]	Teplota vzduchu přiváděného do interiéru
Q_p	[W]	Potřebný výkon předehevu
\dot{V}_d	[m ³ /s]	Vzduchový výkon
ρ_{vzd}	[kg/m ³]	Průměrná hustota vzduchu
$c_{p,vzd}$	[J/kg·K]	Průměrná tepelná kapacita vzduchu
$t_{e,vyp}$	[°C]	Výpočtová venkovní teplota
L	[mm]	Délka
H	[mm]	Výška
F	[mm]	Hloubka
P_{st}	[Pa]	Statický tlak
P_{el}	[W]	Elektrický příkon
η_{el}	[%]	Účinnost ventilátorů
$Q_{ELE.}$	[kWh]	Roční spotřebu elektrické energie
ELE_{kWh}	[Kč/kWh]	Cena elektrické energie
Q_p	[W]	Tepelná ztráta prostupem tepla
Q_v	[W]	Tepelná ztráta větráním

Q_z	[W]	Trvalý tepelný zisk
U_w	[W/m ² ·K]	Součinitel prostupu tepla
$\mu_{vým}$	[%]	Účinnost výměníku ZZT
t_o	[°C]	Teplota vyfukovaného vzduchu
$Q_{v\ ele}$	[kWh]	Spotřeba el. energie ventilátory
Q_r	[W]	Výkon rotačního výměníku
Q_{heat}	[W]	Tepelný výkon kondenzátoru
Q_{komp}	[W]	Elektrický příkon kompresoru
λ	[W/m·K]	Tepelná vodivost
ΔT	[°C]	Rozdíl teplot na obou stranách potrubí
d	[m]	Tloušťka vrstvy materiálu
α	[W/m ² ·K]	Součinitel přestupu tepla
S	[m ²]	Plocha stěny
r	[m]	Poloměr vrstvy materiálu
R	[m]	Vnější nebo vnitřní poloměr trubky
Re	[-]	Rejnoldsovo číslo
w	[m/s]	Rychlost proudění vzduchu
d	[m]	Charakteristický rozměr
ν	[m ² /s]	Kinematická viskozita
l	[m]	Délka potrubí
ξ	[-]	součinitel místní tlakové ztráty
L_p	[dB]	Hladina akustického tlaku
L_{pi}	[dB]	Hladina akustického tlaku v jednotlivém kmitočtovém pásmu
L_{pA}	[dB]	Hladina akustického tlaku A
K_{Ai}	[dB]	Hodnota korekce filtru

Seznam příloh

- Příloha I.** Výpočet parametrů kompaktních centrálních VZT jednotek
- Příloha II.** Výpočet parametrů kompaktních centrálních VZT jednotek
- Příloha III.** Průběh chlazení vzduchu (VLHKÝ VZDUCH 3.0)
- Příloha IV.** Parametry kompresoru BITZER GSU60137VL
- Příloha V.** Parametry výparníku GÜNTHER GHW 045.2H/14-ANW50.E
- Příloha VI.** Parametry kondenzátoru GÜNTHER GCHC RD 050.1/11-25-4231369M
- Příloha VII.** Parametry ventilátoru EBM Papst RadiPax K3G355-AY40-02
- Příloha VIII.** Výpočet tepelných ztrát prostupem
- Příloha IX.** Porovnání způsobů vytápění
- Příloha X.** Technické charakteristiky jednotky DIMPLEX LA 60 TU
- Příloha XI.** Výpočet provozních charakteristik VZT TČ při zaregulování
- Příloha XII.** Výkaz výměr VZT
- Příloha XIII.** 2.NP_Půdorys
- Příloha XIV.** 3.NP_Půdorys
- Příloha XV.** 4.NP_Půdorys
- Příloha XVI.** 5.NP_Půdorys
- Příloha XVII.** 6.NP_Půdorys
- Příloha XVIII.** 7.NP_Půdorys
- Příloha XIX.** Půdorys střechy
- Příloha XX.** 2.NP_Výkres stavební připravenosti
- Příloha XXI.** 3.NP_Výkres stavební připravenosti
- Příloha XXII.** 4.NP_Výkres stavební připravenosti
- Příloha XXIII.** 5.NP_Výkres stavební připravenosti
- Příloha XXIV.** 6.NP_Výkres stavební připravenosti
- Příloha XXV.** 7.NP_Výkres stavební připravenosti
- Příloha XXVI.** Axonometrie

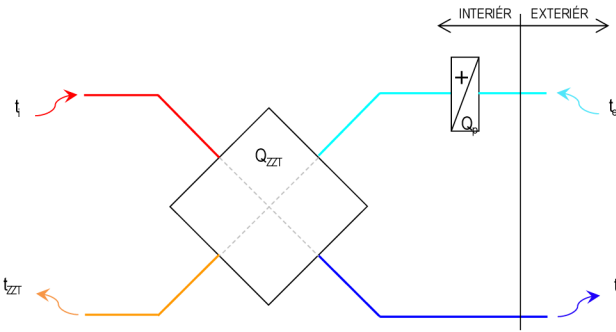
Příloha I. Výpočet parametrů kompaktních centrálních VZT jednotek

Bytová jednotka K.1.2.1

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim			3. otáčky - nárazové větrání				
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.2.1.01	Předšň	3,0	2,650	8,0	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.2.1.02	Obyvací pokoj, KK	18,7	2,650	49,6	21	1,0	48	48	1,6	80	80	62	2,0	100	100	100
K 1.2.1.03	Pokoj	12,1	2,650	32,2	21	0,7	24	-	1,2	40	-	93	1,6	50	-	-
K 1.2.1.04	Koupelna + WC	3,7	2,650	9,8	24	2,5	24	24	4,1	-	40	27	5,1	-	-	50
K 1.2.1.05	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		38	-	100	-	-	-	72	72	-	120	120	182	-	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a přehledů

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	100 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	1,2 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,wp}	-12,0 °C
Teplota za přehřívem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _e	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon přehřívem	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	315 kWh

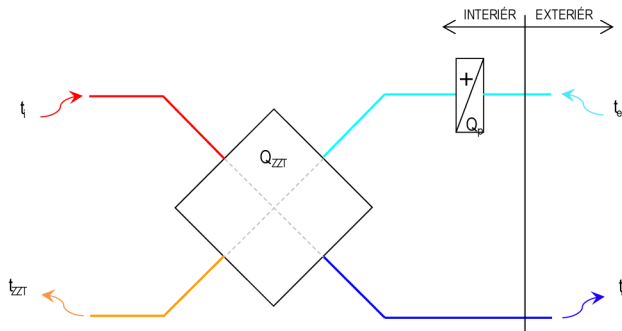


Bytová jednotka K.1.2.2

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim			3. otáčky - nárazové větrání				
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.2.2.01	Předšň	5,9	2,650	15,7	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.2.2.02	Pokoj	18,1	2,650	48,1	21	0,4	18	-	0,6	30	-	23	0,8	38	-	-
K 1.2.2.03	Pokoj	15,9	2,650	42,2	21	0,4	18	-	0,7	30	-	23	0,9	38	-	-
K 1.2.2.04	Koupelna	3,8	2,650	10,0	24	2,4	-	24	4,0	-	40	27	5,0	-	50	
K 1.2.2.05	WC	1,4	2,650	3,8	21	3,2	-	12	5,3	-	20	6,6	-	25	-	-
K 1.2.2.06	Obyvací pokoj + KK	21,1	2,650	55,9	21	0,9	48	48	1,4	80	80	62	1,8	100	100	
K 1.2.2.07	Lodžie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.2.2.08	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		66	-	176	-	-	-	84	84	-	140	140	129	-	175	175

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a přehledů

1. otáčky - noční režim	60%	84 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	140 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	175 m ³ /h
Větrací objem	O	176 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	0,8 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,wp}	-12,0 °C
Teplota za přehřívem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _e	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon přehřívem	Q _p	566 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	881 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	368 kWh

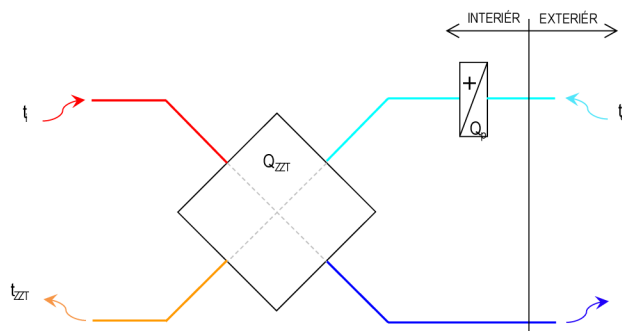


Bytová jednotka K.1.2.3

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim			3. otáčky - nárazové větrání				
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.2.3.01	Předšň	1,9	2,650	5,1	21	4,7	24	-	7,9	40	-	31	9,9	50	-	-
K 1.2.3.02	Koupelna + WC	3,5	2,650	9,3	24	2,6	-	24	4,3	-	40	27	5,4	-	50	
K 1.2.3.03	Obyvací pokoj + KK	17,5	2,650	46,4	21	1,0	48	48	1,7	80	80	62	2,2	100	100	
Celkem:		23	-	61	-	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a přehledů

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	61 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	2,0 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,wp}	-12,0 °C
Teplota za přehřívem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _e	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon přehřívem	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	315 kWh

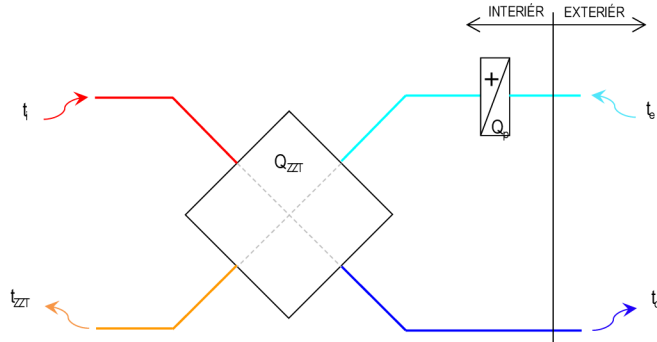


Bytová jednotka K.1.2.4

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světelná výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání		
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.2.4.01	Předstěn	3,2	2,650	8,4	21	2,9	24	-	4,8	40	-	31	6,0	50	-
K 1.2.4.02	Koupelna + WC	4,0	2,650	10,5	24	2,3	-	24	3,8	-	40	27	4,8	-	50
K 1.2.4.03	Obývací pokoj + KK	23,4	2,650	62,1	21	0,8	48	48	1,3	80	80	62	1,6	100	100
Celkem:		31	-	81	-	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	81 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	1,5 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spotřeba el. energie	η	0,33 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,VP}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	347 kWh

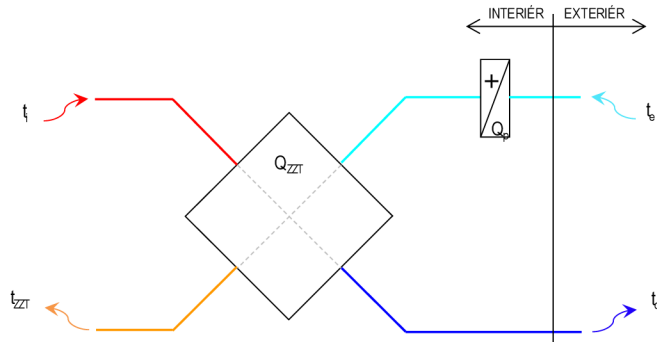


Bytová jednotka K.1.2.5

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světelná výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání		
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.2.5.01	Předstěn	2,1	2,650	5,5	21	4,4	24	-	7,3	40	-	31	9,1	50	-
K 1.2.5.02	Obývací pokoj + KK	17,4	2,650	46,1	21	1,0	48	48	1,7	80	80	62	2,2	100	100
K 1.2.5.03	Koupelna + WC	3,5	2,650	9,2	24	2,6	-	24	4,3	-	40	27	5,4	-	50
Celkem:		23	-	61	-	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	61 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	2,0 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spotřeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,VP}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	315 kWh

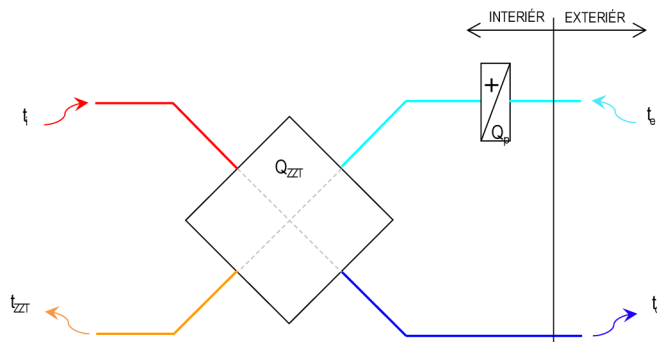


Bytová jednotka K.1.2.6

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světelná výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání		
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.2.6.01	Předstěn	7,1	2,650	18,8	21	0,3	6	-	0,5	10	-	8	0,7	13	-
K 1.2.6.02	Pokoj	18,5	2,650	48,9	21	0,6	30	-	1,0	50	-	39	1,3	63	-
K 1.2.6.03	Koupelna	3,8	2,650	10,0	24	2,4	-	24	4,0	-	40	27	5,0	-	50
K 1.2.6.04	WC	1,4	2,650	3,8	21	3,2	-	12	5,3	-	20	-	6,6	-	25
K 1.2.6.05	Obývací pokoj + KK	30,3	2,650	80,2	21	0,6	48	48	1,0	80	80	62	1,2	100	100
K 1.2.6.06	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		61	-	162	-	-	-	84	84	-	140	140	129	-	175

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	84 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	140 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	175 m ³ /h
Větrací objem	O	162 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	0,9 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spotřeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,VP}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	566 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	881 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	368 kWh

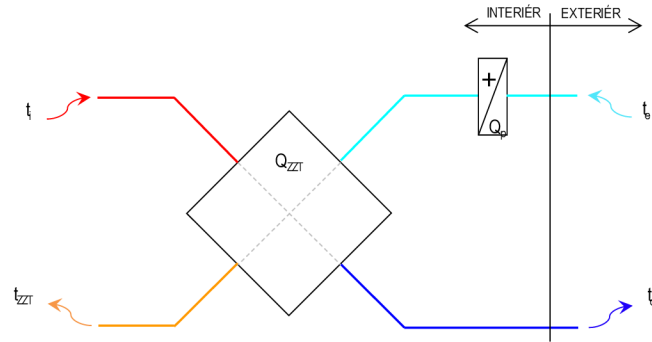


Bytová jednotka K.1.3.1

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.3.1.01	Předšň	3,0	2,650	8,0	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.3.1.02	Obyvací pokoj + KK	18,7	2,650	49,6	21	1,0	48	48	1,6	80	80	62	2,0	100	100	100
K 1.3.1.03	Pokoj	12,1	2,650	32,2	21	0,7	24	-	1,2	40	-	93	1,6	50	-	-
K 1.3.1.04	Koupelna + WC	3,7	2,650	9,8	24	2,5	-	24	4,1	-	40	27	5,1	-	-	50
K 1.3.1.05	Balkon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		38	-	100	-	-	72	72	-	120	120	182	-	150	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	100 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	1,2 1/h
Tepelný faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,yp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	315 kWh

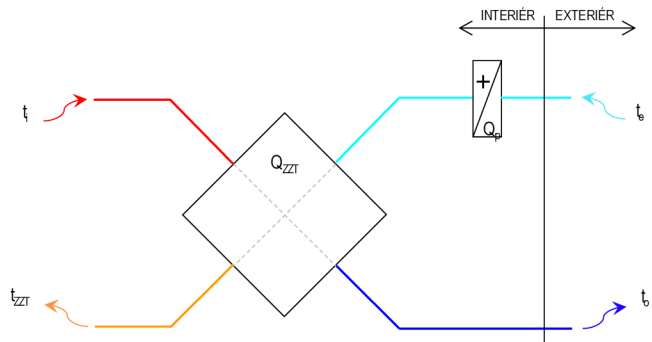


Bytová jednotka K.1.3.2

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.3.2.01	Předšň	5,9	2,650	15,7	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.3.2.02	Pokoj	18,1	2,650	48,1	21	0,4	18	-	0,6	30	-	23	0,8	38	-	-
K 1.3.2.03	Pokoj	15,9	2,650	42,2	21	0,4	18	-	0,7	30	-	23	0,9	38	-	-
K 1.3.2.04	Koupelna	3,8	2,650	10,0	24	2,4	-	24	4,0	-	40	27	5,0	-	50	
K 1.3.2.05	WC	1,4	2,650	3,8	21	3,2	-	12	5,3	-	20	6,6	-	25	-	
K 1.3.2.06	Obyvací pokoj + KK	21,1	2,650	55,9	21	0,9	48	48	1,4	80	80	62	1,8	100	100	
K 1.3.2.07	Lodžie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.3.2.08	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		66	-	176	-	-	84	84	-	140	140	129	-	175	175	175

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	84 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	140 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	175 m ³ /h
Větrací objem	O	176 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	0,8 1/h
Tepelný faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,33 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,yp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	566 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	881 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	405 kWh

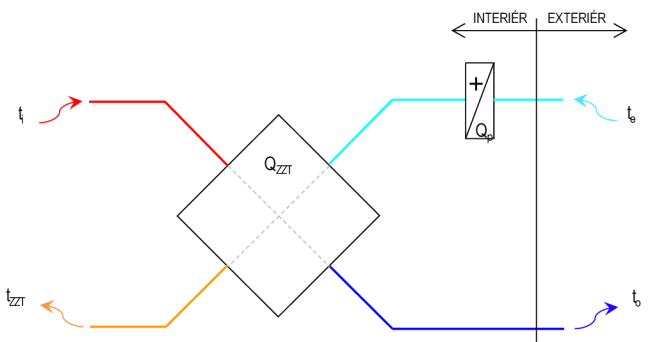


Bytová jednotka K.1.3.3

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.3.3.01	Předšň	1,9	2,650	5,1	21	4,7	24	-	7,9	40	-	31	9,9	50	-	-
K 1.3.3.02	Koupelna + WC	3,5	2,650	9,3	24	2,6	-	24	4,3	-	40	27	5,4	-	50	
K 1.3.3.03	Obyvací pokoj + KK	17,5	2,650	46,4	21	1,0	48	48	1,7	80	80	62	2,2	100	100	
Celkem:		23	-	61	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	61 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	2,0 1/h
Tepelný faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,yp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	315 kWh

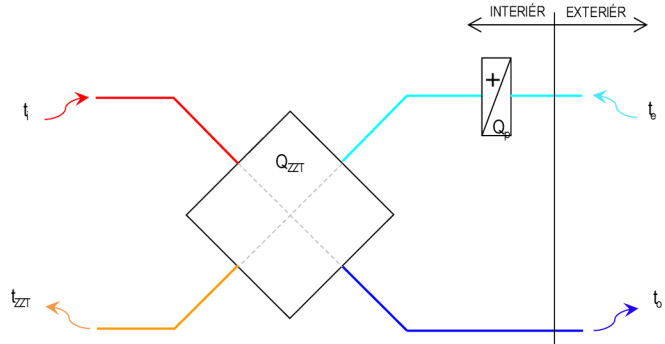


Bytová jednotka K.1.3.4

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání		
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.3.4.01	Předšň	3,2	2,650	8,4	21	2,9	24	-	4,8	40	-	31	6,0	50	-
K 1.3.4.02	Koupelna + WC	4,0	2,650	10,5	24	2,3	-	24	3,8	-	40	27	4,8	-	50
K 1.3.4.03	Obývací pokoj + KK	23,4	2,650	62,1	21	0,8	48	48	1,3	80	80	62	1,6	100	100
Celkem:		31	-	81	-	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrání objem	O	81 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	1,5 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spotřeba el. energie	η	0,33 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{w,wp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{z,zt}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{z,zt}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{el,e}	347 kWh

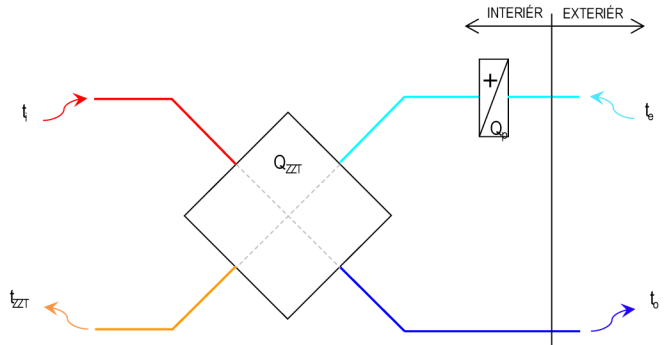


Bytová jednotka K.1.3.5

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání		
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.3.5.01	Předšň	2,2	2,650	5,9	21	4,1	24	-	6,8	40	-	31	8,5	50	-
K 1.3.5.02	Obývací pokoj + KK	17,3	2,650	45,7	21	1,0	48	48	1,7	80	80	62	2,2	100	100
K 1.3.5.03	Koupelna + WC	3,5	2,650	9,2	24	2,6	-	24	4,3	-	40	27	5,4	-	50
Celkem:		23	-	61	-	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrání objem	O	61 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	2,0 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spotřeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{w,wp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{z,zt}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{z,zt}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{el,e}	315 kWh

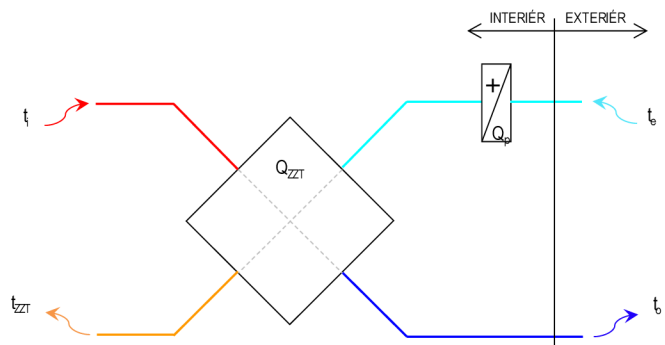


Bytová jednotka K.1.3.6

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání		
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.3.6.01	Předšň	6,5	2,650	17,3	21	-	-	-	1,2	-	-	-	-	-	-
K 1.3.6.02	Obývací pokoj + KK	24,6	2,650	65,2	21	0,7	48	48	1,2	80	80	62	1,5	100	100
K 1.3.6.03	WC	1,4	2,650	3,8	21	3,2	-	12	5,3	-	20	3,2	6,6	-	25
K 1.3.6.04	Koupelna	3,8	2,650	10,0	24	2,4	-	24	4,0	-	40	27	5,0	-	50
K 1.3.6.05	Pokoj	16,1	2,650	42,7	21	0,4	18	-	0,7	30	-	23	0,9	38	-
K 1.3.6.06	Pokoj	18,4	2,650	48,6	21	0,4	18	-	0,6	30	-	23	0,8	38	-
K 1.3.6.07	Balkon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		71	-	188	-	-	-	84	84	-	140	140	129	-	175

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	84 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	140 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	175 m ³ /h
Větrání objem	O	188 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	0,7 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spotřeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{w,wp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{z,zt}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	566 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{z,zt}	881 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{el,e}	368 kWh

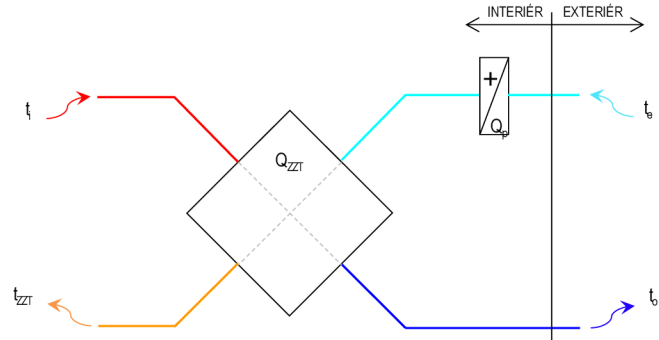


Bytová jednotka K.1.4.1

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim			3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Teplotná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.4.1.01	Předšň	3,0	2,650	8,0	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.4.1.02	Obyvací pokoj + KK	18,7	2,650	49,6	21	1,0	48	48	1,6	80	80	62	2,0	100	100
K 1.4.1.03	Pokoj	12,1	2,650	32,2	21	0,7	24	-	1,2	40	-	93	1,6	50	-
K 1.4.1.04	Koupelna + WC	3,7	2,650	9,8	24	2,5	-	24	4,1	-	40	27	5,1	-	50
K 1.4.1.05	Balkon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		38	-	100	-	-	72	72	-	120	120	182	-	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	100 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	I	1,2 1/h
Teplotní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{evp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vytukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZTT}	18,7 °C
Pořadný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Teplotní výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZTT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	315 kWh

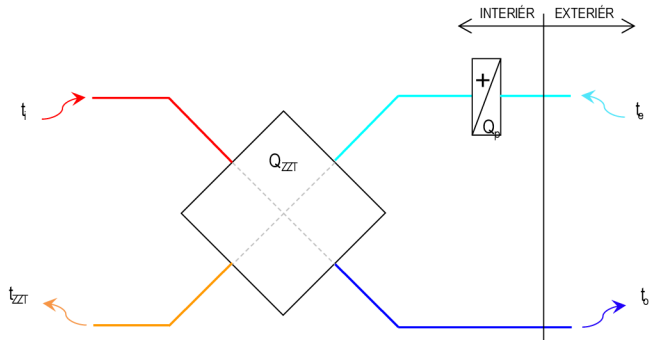


Bytová jednotka K.1.4.2

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim			3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Teplotná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.4.2.01	Předšň	5,9	2,650	15,7	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.4.2.02	Pokoj	18,1	2,650	48,1	21	0,4	18	-	0,6	30	-	23	0,8	38	-
K 1.4.2.03	Pokoj	15,9	2,650	42,2	21	0,4	18	-	0,7	30	-	23	0,9	38	-
K 1.4.2.04	Koupelna	3,8	2,650	10,0	24	2,4	-	24	4,0	-	40	27	5,0	-	50
K 1.4.2.05	WC	1,4	2,650	3,8	21	3,2	-	12	5,3	-	20	14	6,6	-	25
K 1.4.2.06	Obyvací pokoj + KK	21,1	2,650	55,9	21	0,9	48	48	1,4	80	80	62	1,8	100	100
K 1.4.2.07	Lodžie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.4.2.08	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		66	-	176	-	-	84	84	-	140	140	129	-	175	175

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	84 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	140 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	175 m ³ /h
Větrací objem	O	176 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	I	0,8 1/h
Teplotní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,33 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{evp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vytukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZTT}	18,7 °C
Pořadný výkon předehřevu	Q _p	566 W
Teplotní výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZTT}	881 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	405 kWh

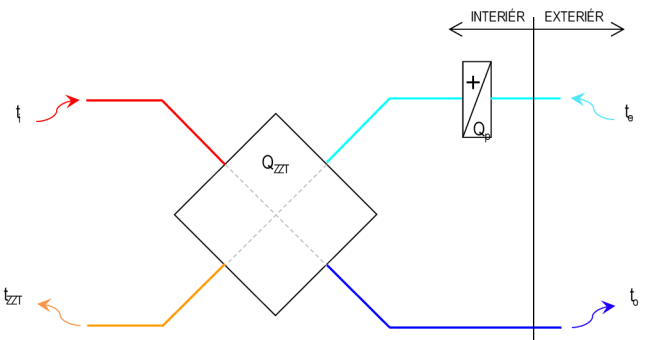


Bytová jednotka K.1.4.3

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim			3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Teplotná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.4.3.01	Předšň	1,9	2,650	5,1	20	4,7	24	-	7,9	40	-	48	9,9	50	-
K 1.4.3.02	Koupelna + WC	3,7	2,650	9,8	24	2,4	-	24	4,1	-	40	54	5,1	-	50
K 1.4.3.03	Obyvací pokoj + KK	17,5	2,650	46,4	20	1,0	48	48	1,7	80	80	95	2,2	100	100
Celkem:		23	-	61	-	-	72	72	-	120	120	196	-	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	61 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	I	2,0 1/h
Teplotní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,33 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{evp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	-3,5 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	20,0 °C
Teplota vzduchu vytukovaného z domu	t _b	0,0 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZTT}	16,5 °C
Pořadný výkon předehřevu	Q _p	342 W
Teplotní výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZTT}	808 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	347 kWh

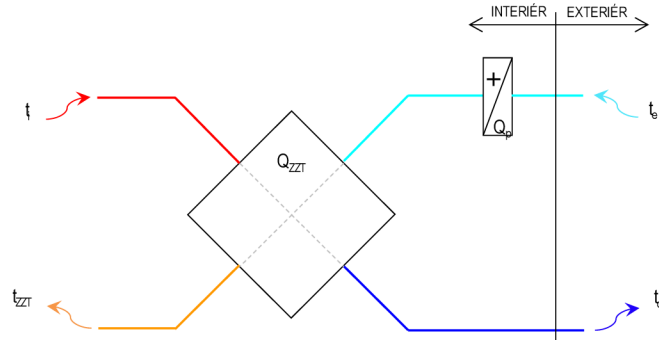


Bytová jednotka K.1.4.4

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světelná výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání				
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]		
[-]	[-]																
K 1.4.4.01	Předstíh	3,2	2,650	8,4	21	2,9	24	-	4,8	40	-	31	6,0	50	-	-	-
K 1.4.4.02	Koupelna + WC	4,0	2,650	10,5	24	2,3	-	24	3,8	-	40	27	4,8	-	50	-	-
K 1.4.4.03	Obývací pokoj + KK	23,4	2,650	62,1	21	0,8	48	48	1,3	80	80	62	1,6	100	100	-	-
Celkem:		31	-	81	-	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150	150	-

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	81 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	1,5 1/h
Tepelný faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spotřeba el. energie	η	0,33 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,VP}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _e	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	347 kWh

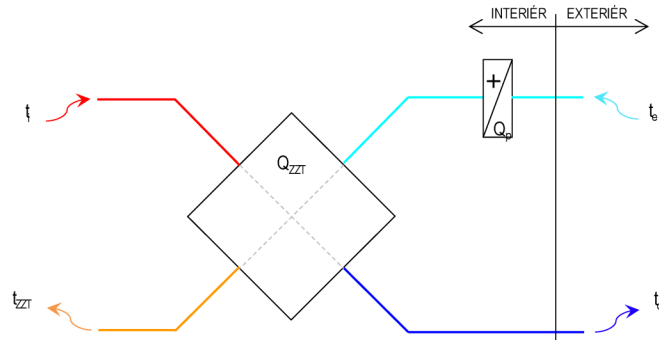


Bytová jednotka K.1.4.5

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světelná výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání				
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]		
[-]	[-]																
K 1.4.5.01	Předstíh	2,2	2,650	5,9	21	4,1	24	-	6,8	40	-	31	8,5	50	-	-	-
K 1.4.5.02	Obývací pokoj + KK	17,3	2,650	45,7	21	1,0	48	48	1,7	80	80	62	2,2	100	100	-	-
K 1.4.5.03	Koupelna + WC	3,5	2,650	9,2	24	2,6	-	24	4,3	-	40	27	5,4	-	50	-	-
Celkem:		23	-	61	-	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150	150	-

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	61 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	2,0 1/h
Tepelný faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spotřeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,VP}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _e	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	315 kWh

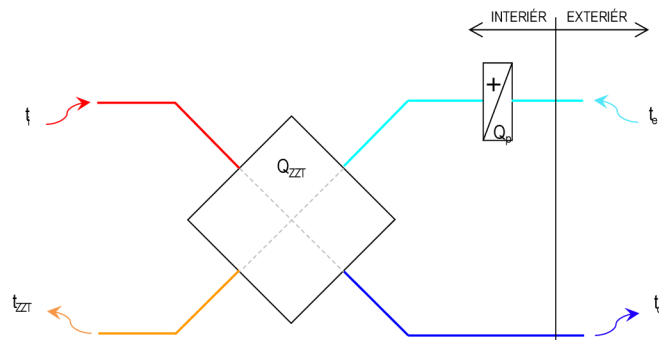


Bytová jednotka K.1.4.6

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světelná výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání				
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]		
[-]	[-]																
K 1.4.6.01	Předstíh	6,5	2,650	17,3	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.4.6.02	Obývací pokoj + KK	24,6	2,650	65,2	21	0,7	48	48	1,2	80	80	62	1,5	100	100	-	-
K 1.4.6.03	WC	1,4	2,650	3,8	21	3,2	-	12	5,3	-	20	20	6,6	-	25	-	-
K 1.4.6.04	Koupelna	3,8	2,650	10,0	24	2,4	-	24	4,0	-	40	27	5,0	-	50	-	-
K 1.4.6.05	Pokoj	15,4	2,650	40,7	21	0,4	18	-	0,7	30	-	23	0,9	38	-	-	-
K 1.4.6.06	Pokoj	19,1	2,650	50,6	21	0,4	18	-	0,6	30	-	23	0,7	38	-	-	-
K 1.4.6.07	Balkon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		71	-	188	-	-	-	84	84	-	140	140	129	-	175	175	-

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	84 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	140 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	175 m ³ /h
Větrací objem	O	188 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	0,7 1/h
Tepelný faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spotřeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,VP}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _e	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	566 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	881 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	368 kWh

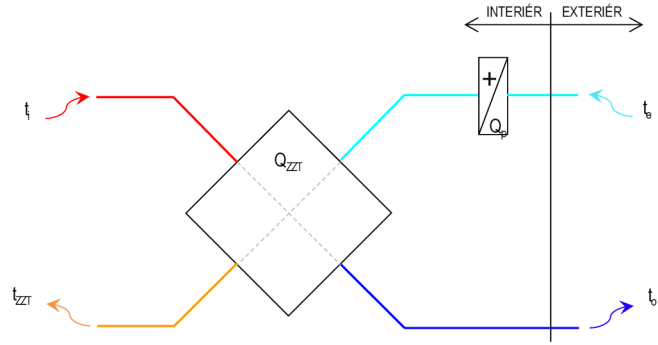


Bytová jednotka K.1.5.1

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim			3. otáčky - nárazové větrání				
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Teplotná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.5.1.01	Předšň	3,0	2,650	8,0	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.5.1.02	Obyvací pokoj + KK	18,7	2,650	49,6	21	1,0	48	48	1,6	80	80	62	2,0	100	100	100
K 1.5.1.03	Pokoj	12,1	2,650	32,2	21	0,7	24	-	1,2	40	-	93	1,6	50	-	-
K 1.5.1.04	Koupelna + WC	3,7	2,650	9,8	24	2,5	-	24	4,1	-	40	27	5,1	-	-	50
K 1.5.1.05	Balkon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		38	-	100	-	-	72	72	-	120	120	182	-	150	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	100 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	1,2 1/h
Teplotní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{e,vyp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořadný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Teplotní výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	315 kWh

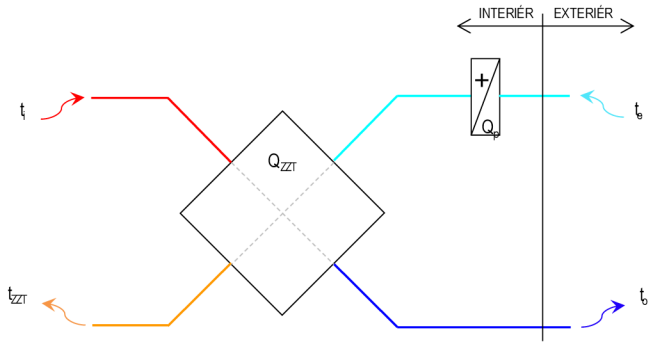


Bytová jednotka K.1.5.2

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim			3. otáčky - nárazové větrání				
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Teplotná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.5.2.01	Předšň	5,9	2,650	15,7	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.5.2.02	Pokoj	18,1	2,650	48,1	21	0,4	18	-	0,6	30	-	23	0,8	38	-	-
K 1.5.2.03	Pokoj	15,9	2,650	42,2	21	0,4	18	-	0,7	30	-	23	0,9	38	-	-
K 1.5.2.04	Koupelna	3,8	2,650	10,0	24	2,4	-	24	4,0	-	40	27	5,0	-	-	50
K 1.5.2.05	WC	1,4	2,650	3,8	21	3,2	-	12	5,3	-	20	-	6,6	-	-	25
K 1.5.2.06	Obyvací pokoj + KK	21,1	2,650	55,9	21	0,9	48	48	1,4	80	80	62	1,8	100	100	100
K 1.5.2.07	Lodžie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.5.2.08	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		66	-	176	-	-	84	84	-	140	140	129	-	175	175	175

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	84 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	140 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	175 m ³ /h
Větrací objem	O	176 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	0,8 1/h
Teplotní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,33 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{e,vyp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořadný výkon předehřevu	Q _p	566 W
Teplotní výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	881 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	405 kWh

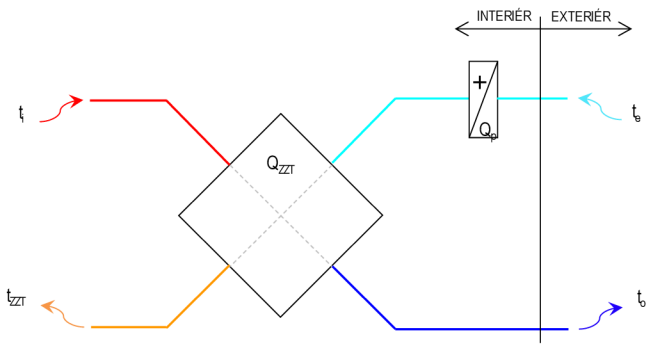


Bytová jednotka K.1.5.3

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim			3. otáčky - nárazové větrání				
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Teplotná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.5.3.01	Předšň	1,9	2,650	5,1	20	4,7	24	-	7,9	40	-	48	9,9	50	-	-
K 1.5.3.02	Koupelna + WC	3,7	2,650	9,8	24	2,4	-	24	4,1	-	40	54	5,1	-	-	50
K 1.5.3.03	Obyvací pokoj + KK	17,5	2,650	46,4	20	1,0	48	48	1,7	80	80	95	2,2	100	100	100
Celkem:		23	-	61	-	-	72	72	-	120	120	196	-	150	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	61 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	2,0 1/h
Teplotní faktor zpětného získávání tepla	Φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,33 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{e,vyp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	-3,5 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t _i	20,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	0,0 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	16,5 °C
Pořadný výkon předehřevu	Q _p	342 W
Teplotní výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	808 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	347 kWh

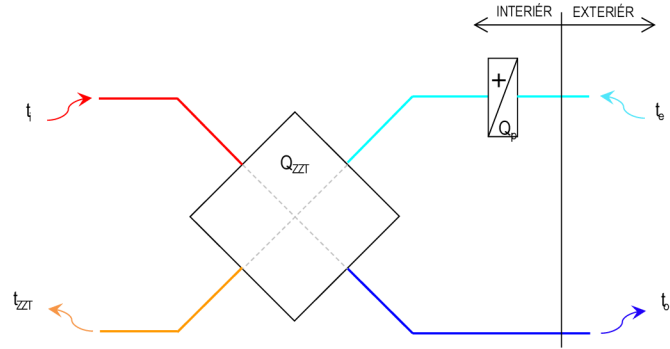


Bytová jednotka K.1.5.4

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. oběhky - noční režim			2. oběhky - denní režim				3. oběhky - nárazové větrání		
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.5.4.01	Předšň	3,2	2,650	8,4	21	2,9	24	-	4,8	40	-	31	6,0	50	-
K 1.5.4.02	Koupelna + WC	4,0	2,650	10,5	24	2,3	-	24	3,8	-	40	27	4,8	-	50
K 1.5.4.03	Obývací pokoj + KK	23,4	2,650	62,1	21	0,8	48	48	1,3	80	80	62	1,6	100	100
Celkem:		31	-	81	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. oběhky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. oběhky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. oběhky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	81 m ³
Celková výměna vzduchu (2. oběhky):	l	1,5 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,33 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,wp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{zT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	347 kWh

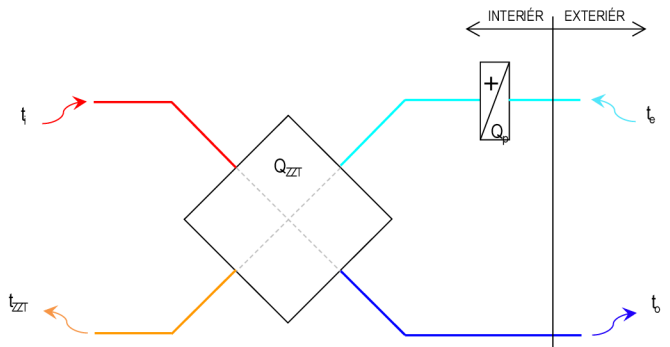


Bytová jednotka K.1.5.5

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. oběhky - noční režim			2. oběhky - denní režim				3. oběhky - nárazové větrání		
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.5.5.01	Předšň	2,2	2,650	5,9	21	4,1	24	-	6,8	40	-	31	8,5	50	-
K 1.5.5.02	Obývací pokoj + KK	17,3	2,650	45,7	21	1,0	48	48	1,7	80	80	62	2,2	100	100
K 1.5.5.03	Koupelna + WC	3,5	2,650	9,2	24	2,6	-	24	4,3	-	40	27	5,4	-	50
Celkem:		23	-	61	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. oběhky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. oběhky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. oběhky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	61 m ³
Celková výměna vzduchu (2. oběhky):	l	2,0 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,wp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{zT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	315 kWh

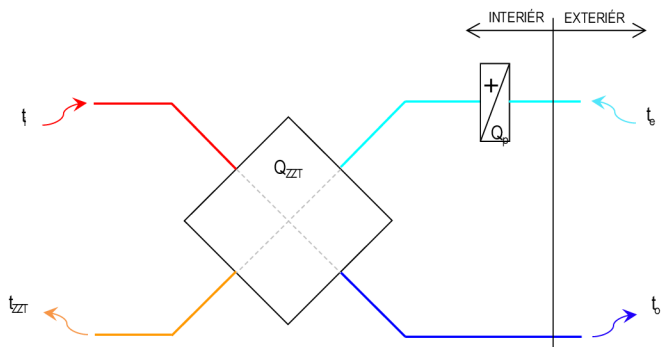


Bytová jednotka K.1.5.6

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. oběhky - noční režim			2. oběhky - denní režim				3. oběhky - nárazové větrání		
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]
K 1.5.6.01	Předšň	6,5	2,650	17,3	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.5.6.02	Obývací pokoj + KK	24,6	2,650	65,2	21	0,7	48	48	1,2	80	80	62	1,5	100	100
K 1.5.6.03	WC	1,4	2,650	3,8	21	3,2	-	12	5,3	-	20	20	6,6	-	25
K 1.5.6.04	Koupelna	3,8	2,650	10,0	24	2,4	-	24	4,0	-	40	27	5,0	-	50
K 1.5.6.05	Pokoj	15,4	2,650	40,7	21	0,4	18	-	0,7	30	-	23	0,9	38	-
K 1.5.6.06	Pokoj	19,1	2,650	50,6	21	0,4	18	-	0,6	30	-	23	0,7	38	-
K 1.5.6.07	Balkon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		71	-	188	-	-	84	84	-	140	140	129	-	175	175

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. oběhky - noční režim	60%	84 m ³ /h
2. oběhky - denní režim	100%	140 m ³ /h
3. oběhky - nárazové větrání	125%	175 m ³ /h
Větrací objem	O	188 m ³
Celková výměna vzduchu (2. oběhky):	l	0,7 1/h
Tepelní faktor zpětného získávání tepla	φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,wp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _b	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{zT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	566 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	881 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	368 kWh

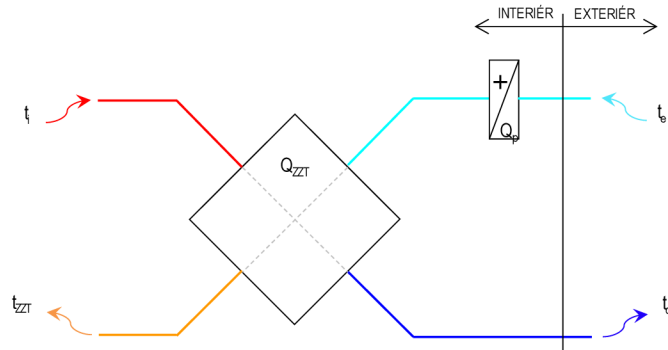


Bytová jednotka K.1.6.1

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.6.1.01	Předsíň	9,2	2,800	25,7	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.6.1.02	Pokoj	9,6	2,800	26,9	21	0,7	18	-	1,1	30	-	23	1,4	38	-	-
K 1.6.1.03	Pokoj	11,9	2,800	33,2	21	0,5	18	-	0,9	30	-	23	1,1	38	-	-
K 1.6.1.04	WC	1,4	2,800	4,0	21	3,0	-	12	5,0	-	20	6,2	-	25	-	-
K 1.6.1.05	Koupelna	6,3	2,800	17,6	24	1,4	-	24	2,3	-	40	2,8	-	50	-	-
K 1.6.1.06	Komora	2,5	2,800	6,9	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.6.1.07	Obývací pokoj + KK	32,6	2,800	91,3	21	0,5	48	48	0,9	80	80	62	1,1	100	100	100
K 1.6.1.08	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.6.1.09	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		73	-	206	-	-	84	84	-	140	140	129	-	175	175	175

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	84 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	140 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	175 m ³ /h
Větrací objem	O	206 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	I	0,7 1/h
Teplovní faktor zpětného získávání tepla	φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,yp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _p	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	566 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	881 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	368 kWh

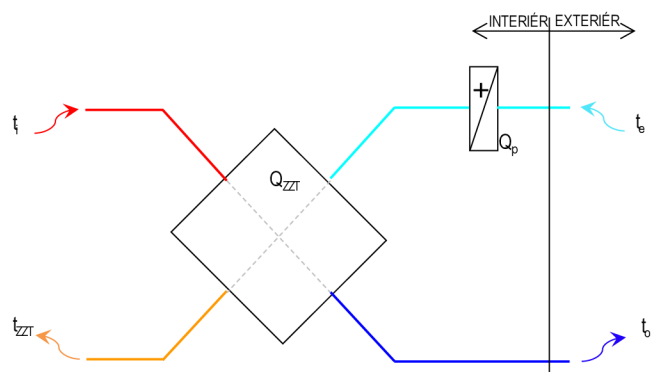


Bytová jednotka K.1.6.2

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.6.2.01	Předsíň	15,2	2,800	42,5	21	0,3	-	12	0,5	-	20	0,6	-	25	-	-
K 1.6.2.02	Pokoj	23,7	2,800	66,5	21	0,4	24	-	0,6	40	-	31	0,8	50	-	-
K 1.6.2.03	Pokoj	14,9	2,800	41,7	21	0,3	12	-	0,5	20	-	15	0,6	25	-	-
K 1.6.2.04	Koupelna	3,8	2,800	10,6	24	2,8	-	30	4,7	-	50	3,4	5,9	-	63	-
K 1.6.2.05	WC	1,4	2,800	4,0	21	4,5	-	18	7,5	-	30	9,4	-	38	-	-
K 1.6.2.06	Pokoj	11,5	2,800	32,1	21	0,4	12	-	0,6	20	-	15	0,8	25	-	-
K 1.6.2.07	Obývací pokoj + KK	36,5	2,800	102,2	21	0,5	48	48	0,8	80	80	62	1,0	100	100	100
K 1.6.2.08	Pokoj	13,3	2,800	37,1	21	0,3	12	-	0,5	20	-	15	0,7	25	-	-
K 1.6.2.09	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.6.2.10	Terasa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		107	-	300	-	-	96	108	-	180	180	156	-	225	225	225

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	108 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	180 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	225 m ³ /h
Větrací objem	O	300 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	I	0,6 1/h
Teplovní faktor zpětného získávání tepla	φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{v,yp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _p	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{ZT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	727 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZT}	1 133 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	473 kWh

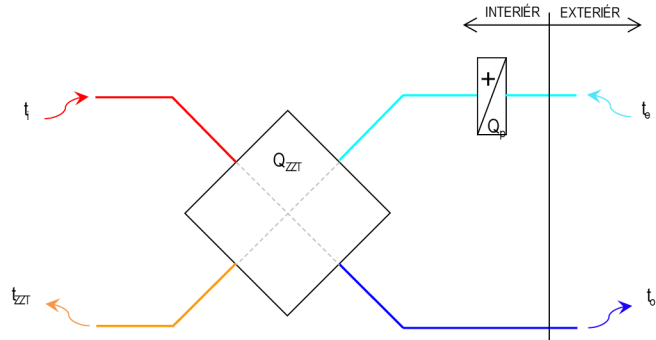


Bytová jednotka K.1.7.1

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.7.1.01	Předsň	6,5	2,800	18,1	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.7.1.02	Pokoj	13,8	2,800	38,7	21	0,6	24	-	1,0	40	-	31	1,3	50	-	-
K 1.7.1.03	Koupelna + WC	5,4	2,800	15,2	24	1,6	-	24	2,6	-	40	27	3,3	-	-	50
K 1.7.1.04	Obyvací pokoj + KK	22,2	2,800	62,2	21	0,8	48	48	1,3	80	80	62	1,6	100	100	100
Celkem:		48	-	134	-	-	72	72	-	120	120	120	-	150	150	150

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	72 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	120 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	150 m ³ /h
Větrací objem	O	134 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	0,9 1/h
Teplotní faktor zpětného získávání tepla	φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,33 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{h,vyp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _s	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{zT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	485 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	755 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	347 kWh

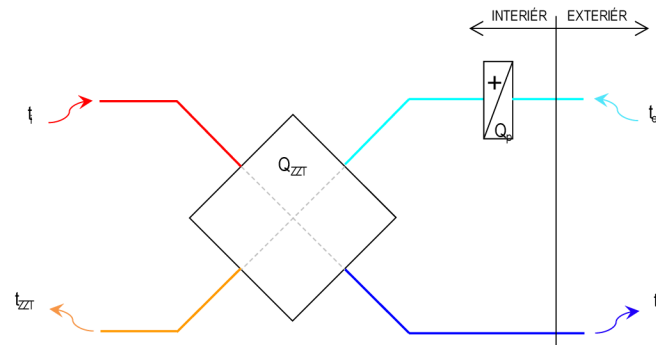


Bytová jednotka K.1.7.2

Číslo místnosti	Popis místnosti	Plocha místnosti A [m ²]	Světla výška s.v. [m]	Objem místnosti O [m ³]	Výpočtová teplota interiéru t _e [°C]	1. otáčky - noční režim			2. otáčky - denní režim				3. otáčky - nárazové větrání			
						Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	Tepelná ztráta větráním Q _v [W]	Intenzita větrání I _f [h ⁻¹]	Průtok venkovního vzduchu V _{e,f} [m ³ /h]	Průtok odváděného vzduchu V _{o,f} [m ³ /h]	
K 1.7.2.01	Předsň	12,2	2,800	34,0	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.7.2.02	Pokoj	16,2	2,800	45,4	21	0,4	18	-	0,7	30	-	23	0,8	38	-	-
K 1.7.2.03	Pokoj	12,2	2,800	34,0	21	0,5	18	-	0,9	30	-	23	1,1	38	-	-
K 1.7.2.04	Koupelna	3,8	2,800	10,6	24	2,3	-	24	3,8	-	40	27	4,7	-	-	50
K 1.7.2.05	WC	1,4	2,800	4,0	21	3,0	-	12	5,0	-	20	-	6,2	-	-	25
K 1.7.2.06	Obyvací pokoj + KK	26,4	2,800	73,9	21	0,6	48	48	1,1	80	80	62	1,4	100	100	100
K 1.7.2.07	Terasa	-	2,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K 1.7.2.08	Terasa	-	2,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkem:		72	-	202	-	-	84	84	-	140	140	129	-	175	175	175

Tabulka 2 - Parametry rekuperační jednotky a předehřevu

1. otáčky - noční režim	60%	84 m ³ /h
2. otáčky - denní režim	100%	140 m ³ /h
3. otáčky - nárazové větrání	125%	175 m ³ /h
Větrací objem	O	202 m ³
Celková výměna vzduchu (2. otáčky):	l	0,7 1/h
Teplotní faktor zpětného získávání tepla	φ	85%
Spořeba el. energie	η	0,30 Wh/m ³
Výpočtová venkovní teplota	t _{h,vyp}	-12,0 °C
Teplota za předehřevem	t _p	0,0 °C
Teplota vzduchu odváděného z interiéru	t	22,0 °C
Teplota vzduchu vyfukovaného z domu	t _s	3,3 °C
Teplota vzduchu přiváděného do interiéru	t _{zT}	18,7 °C
Pořebný výkon předehřevu	Q _p	566 W
Tepelný výkon zpětného získávání tepla	Q _{ZZT}	881 W
Roční potřeba el. energie (ventilátory)	Q _{ELE}	368 kWh



Příloha II. Výpočet parametrů kompaktních centrálních VZT jednotek



Technický popis
Nominální hodnoty
Nabídka č.:

strana 2 / 5

Akce:
Pozice: Jednotka 2

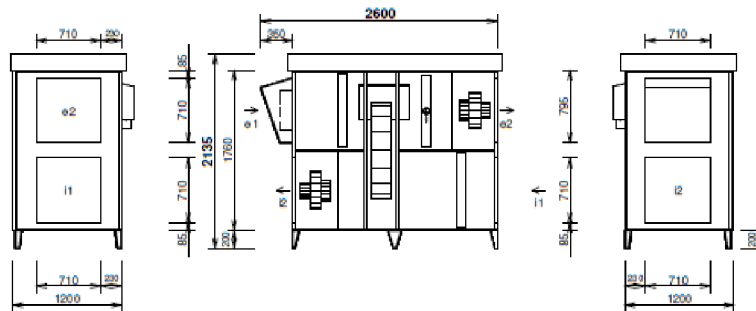
Jednotka	DUPLEX 5000 Roto-N	Specifikace:	DUPLEX 5000 Roto-N / 60/0 - Me.110.EC3 - Mi.110.EC3 - RE - Fe.K7 - Fi.K4 - E.10400 - H.710/710.TR - He1.KZ.TR - Hi2.710/710.TR - RD5 - RD4-IO - PFe - PFI - SW - CM.s - CPTOUCH.B.Wh - ErP 2016, 2018
----------	---------------------------	--------------	---

Typ jednotky

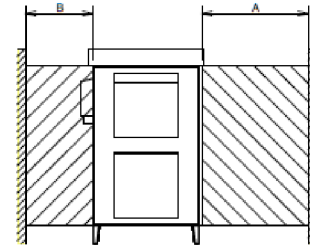
- Nástěšni s rotačním rekuperátorem
- Jednotka splňuje ErP (Ecodesign) - nařízení EU 1253/2014, platné od 1.1.2016 i 1.1.2018.



Provedení **60/0** nástěšni svislé pohled z čela (ze strany dveří)
Hmotnost: cca 613 kg, Do dávká jednotky vcelku



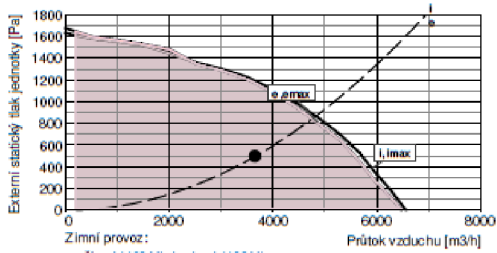
Manipulační prostor



hrdlo	druh	rozměr	přisloušenství
e1	e1 - venkovní vzduch (ODA)		eliminátor kapek
e2	e2 - přívaděný vzduch (SUP)	710 x 710 mm	4x závit M6 pro přírubu 20 mm
I1	I1 - odváděný vzduch (ETA)	710 x 710 mm	4x závit M6 pro přírubu 20 mm
I2	I2 - odpadní vzduch (EHA)	710 x 710 mm	4x závit M6 pro přírubu 20 mm

A	otvírání dveří	min. 1200 mm
B	regulační modul	min. 740 mm

Výkonová charakteristika jednotky:



Zimní provoz:
e - přívod (400 V), l - odvod (400 V)
emax - ořívod (400 V), lmax - odvod (400 V)
Jednotka obsahuje ventilátory vybavené EC technologií. Tyto ventilátory jsou plynule regulovatelné v celé vyznačené oblasti.

Akustické parametry:

Hladina akustického výkonu LwA (dB)

Frekvence [Hz]	Total dB (A)	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1 k dB(A)	2 k dB(A)	4 k dB(A)	8 k dB(A)
sání e1 do okolí	62	32	54	57	56	56	51	44	26
výtlaček e2	87	59	69	79	83	81	76	71	62
sání I1	63	38	56	57	56	55	51	44	26
výtlaček I2	87	59	69	79	83	81	76	71	62
plášť do okolí	63	44	49	60	59	53	44	36	28

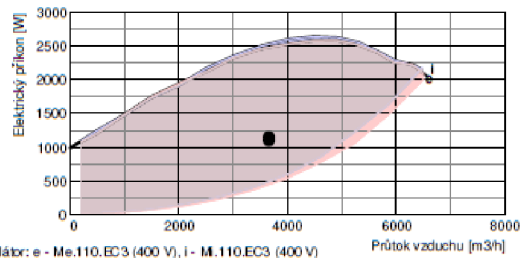
Akustický výkon do okolí je vypočten pro současný provoz **obou ventilátorů** a je změnen podle normy ISO 3744. Akustický výkon na hrdlech je změnen podle normy ISO 5136.

Hladina akustického tlaku LpA (dB)

	42	<25	34	36	36	35	31	<25	<25
sání e1 do okolí	42	<25	34	36	36	35	31	<25	<25
plášť do okolí	43	<25	28	40	38	33	<25	<25	<25

Hladina akustického tlaku do okolí je uváděna ve vzdálenosti 3 m pro současný provoz **obou ventilátorů** a je změněna podle normy ISO 3744.

Ventilátory	přívod	odvod	
Vzduchové množství	m ³ /h	3660	3660
Externí statický tlak jednotky	Pa	500	500
Napětí (jmenovité)	V	400	400
Příkon (v pracovním bodě)	kW	1,2	1,1
Počet otáček (v pracovním bodě)	1/min	2342	2316
Max. příkon (pro dimenzování)	kW	2,5	2,5
Max. proud (pro dimenzování)	A	3,8	3,8
Typ ventilátorů	Me.110	Mi.110	
Druh ventilátoru (s proměnlivými otáčkami)	EC3	EC3	



Ventilátor: e - Me.110.EC3 (400 V), l - Mi.110.EC3 (400 V)



Technický popis

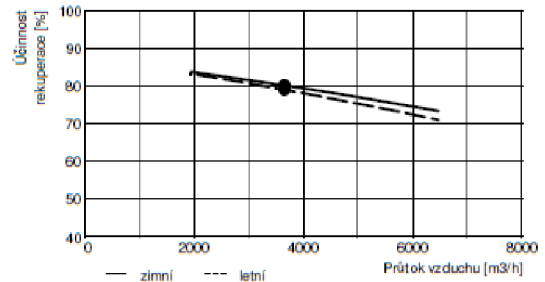
Nominální hodnoty

Nabídka č.:

strana 3 / 5

Akce:
Pozice: Jednotka 2

Jednotka DUPLEX 5000 Roto-N Specifikace:		DUPLEX 5000 Roto-N / 60/0 - Me.110.EC3 - Mi.110.EC3 - RE - Fe.K7 - Fi.K4 - E.10400 - H.710/710.TR - He1.KZ.TR - HI2.710/710.TR - RD5 - RD4-IO - PFe - PFI - SW - CM.s - CPTOUCH.B.Wh - ErP 2016, 2018	
Přípojovací prvky		přívod	odvod
Vstupní hrdlo it připojení	mm	-	710x710
Výstupní hrdlo e2 připojení	mm	710x710	pevné
Odvod kondenzátu K	mm	pevné	-
Regulační a uzavírací klapky		Typ servopohonu	
Rekupační výměník		přívod	odvod
Vzduchové množství	m ³ /h	3660	3660
Vstupní teplota	°C	-12	22
Výstupní teplota	°C	15	-2
Vstupní vlhkost	% r.h.	90	40
Výstupní vlhkost	% r.h.	52	83
Teplotní účinnost rekuperace zimní (letní)	%	80 (79)	
Vlhkostní účinnost rekuperace zimní (letní)	%	83 (81)	
Teplotný zisk celkový zimní (letní)	kW	45,7 (5,9)	
Teplotný zisk citelný zimní (letní)	kW	32,4 (6)	
Teplotný zisk vázaný zimní (letní)	kW	13,3 (0)	
Otáčky rekuperátoru	ot/min	10-13	
Typ rekupačního výměníku		R.E.K 1050 entalpický regenerační	
Elektrický ohřivač		přívod	
Vzduchové množství	m ³ /h	3660	
Vstupní teplota (před ohřivačem)	°C	15	
Výstupní teplota (za ohřivačem)	°C	19	
Topný výkon	kW	5,1	
Max. topný výkon	kW	12,6	
Napětí	V	400	
Typ ohřivače		E 5000 - 12600 vestavěný	
Filtrace		přívod	odvod
Typ		kazetový	
Třída filtrace		F7	G4
Počet filtrů	ks	2	2
Rozměr kazety	mm	750x495x96	750x495x96
Příslušenství (součástí dodávky)		Manostat PFe pro signalizaci zanesení přívodního filtru Manostat PFI pro signalizaci zanesení odvodního filtru	
Regulace: Digitální regulace		Čidla (součástí dodávky)	
Základní funkce jednotky		RD5 400V-EC / 400V-EC na jednotce standardní poloha	Čidlo teploty venkovního vzduchu (ODA)
Umístění regulačního modulu		2,3 kW	Čidlo teploty odváděného vzduchu (ETA)
Celkový příkon (v pracovním bodě)		RD4-IO	Čidlo teploty odpadního vzduchu (EHA)
Expandery		CP Touch (B) barva bílá	Čidlo teploty přiváděného vzduchu (SUP)
Ovládání		SW	ADS TEa
Hlavní vypínač			ADS TEB
			ADS TU2
			ADS TU1





ErP parametry

strana 4 / 5

Nabídka č.:

Akce:

Pozice: Jednotka 2

Jednotka **DUPLEX 5000 Roto-N** Specifikace:

DUPLEX 5000 Roto-N / 60/0 - Me.110.EC3 - Mi.110.EC3 - RE -
Fe.K7 - Fi.K4 - E.10400 - H.710/710.TR - He1.KZ.TR -
Hi2.710/710.TR - RD5 - RD4-IO - PFe - PFi - SW - CM.s -
CPTOUCH.B.Wh - ErP 2016, 2018

ErP (NRVU)

Informace o větracích jednotkách pro obytné budovy podle NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1253/2014, čl. 4 odst. 2

Název nebo ochranná známka výrobce:	ATREA s.r.o.
Identifikační značka modelu:	DUPLEX 5000 Roto-N
Typ jednotky:	Větrací jednotka pro jiné než obytné budovy (NRVU) Obousměrná větrací jednotka (BVU)
Typ pohonu:	s proměnlivými otáčkami
Typ systému pro zpětné získávání tepla:	rotační regenerační výměník
Tepelná účinnost zpětného získávání tepla:	77 %
Jmenovitý průtok vzduchu:	1,02 m ³ /s
Elektrivní elektrický příkon:	2,2 kW
SFP int:	495 Ws/m ³
Účinná nátoková rychlost:	1,4 / 1,4 m/s (přívod / odvod)
Jmenovitý vnější tlak:	500 / 500 Pa (přívod / odvod)
Vnitřní tlaková ztráta větracích součástí:	173 / 120 Pa (přívod / odvod)
Statická účinnost ventilátorů (dle 327/2011):	68,6 / 68,6 % (přívod / odvod)
Max. vnější netěsnost:	0,9 %
Max. vnitřní netěsnost:	2,5 %
Energetická klasifikace filtrů:	A
Upozornění	V jednotce je nutno pravidelně měnit filtry vzduchu. Zanesené vzduchové filtry způsobují snížení výkonu a celkové účinnosti větrací jednotky.
Internetová adresa návodu na demontáž:	www.atrea.cz/erp
Jednotka splňuje ErP (Ecodesign) - nařízení EU 1253/2014, platné od 1.1.2016 i 1.1.2018. (ve výpočtu zahrnuta korekce filtru)	

Upozornění:

Na hrdle i2 musí být připojení potrubí o minimální délce 3 m !
Ohřivače EPO jsou určeny do prostorů normálních s teplotou od +5 do +55 °C (nesmí být vystaveny povětrnostním vlivům, zejména dešti nebo sněhu) !
Pro provoz elektrického ohřivače EPO je nutné vždy splnit tyto podmínky:
- Minimální nutný průtok vzduchu 650 m³/h
- Minimální doběh ventilátoru 60 s



Vzduchotechnické schéma

Nominální hodnoty

Nabídka č.:

Akce:

Pozice: Jednotka 2

strana 5 / 5

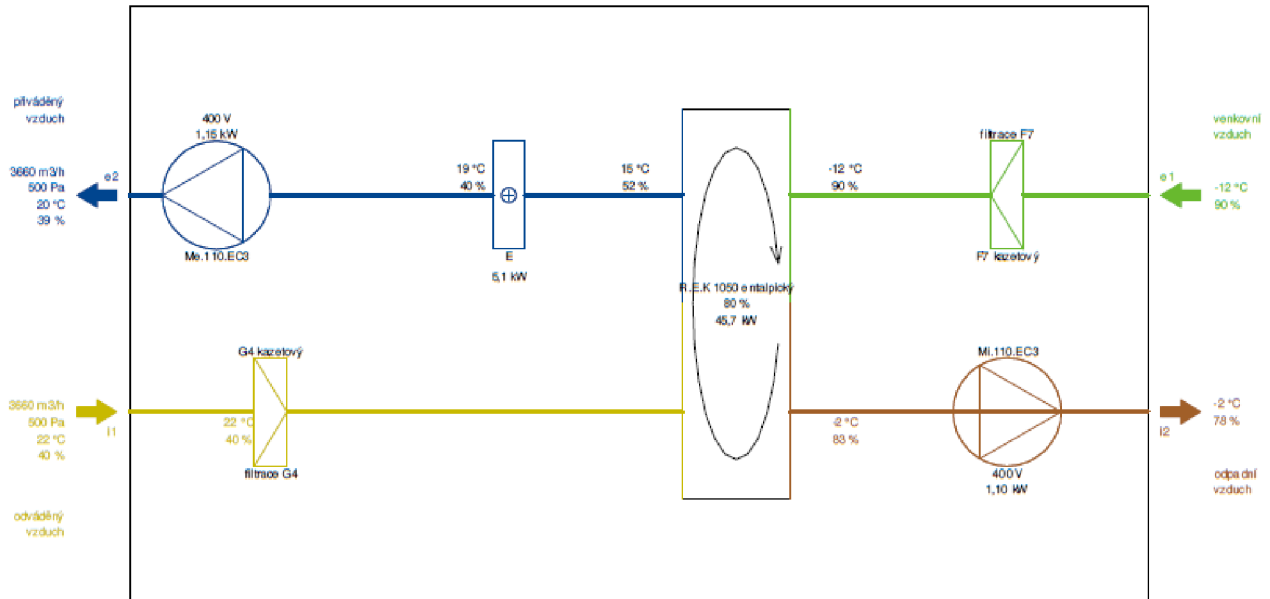
Jednotka **DUPLEX 5000 Roto-N** Specifikace:

DUPLEX 5000 Roto-N / 60/0 - Me.110.EC3 - Mi.110.EC3 - RE - Fe.K7 - Fi.K4 - E.10400 - H.710/710.TR - He1.KZ.TR - Hi2.710/710.TR - RD5 - RD410 - PFe - PFi - SW - CM.s - CPTOUCH.B.Wh - ErP 2016, 2018

Zimní provoz

e1 - venkovní vzduch (ODA)
i1 - odváděný vzduch (ETA)

e2 - přiváděný vzduch (SUP)
i2 - odpadní vzduch (EHA)

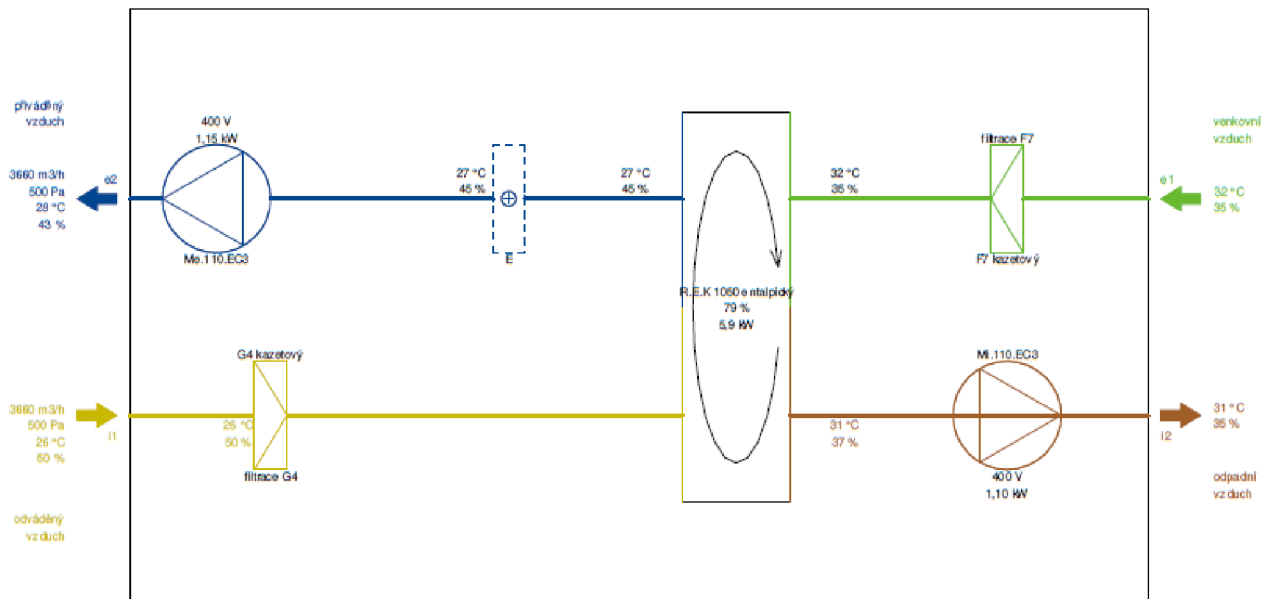


Poznámka: Schematické znázornění funkcí jednotky. Umístění vstupů a výstupů nemusí přesně souhlasit se skutečným provedením a konfigurací trdel.

Letní provoz

e1 - venkovní vzduch (ODA)
i1 - odváděný vzduch (ETA)

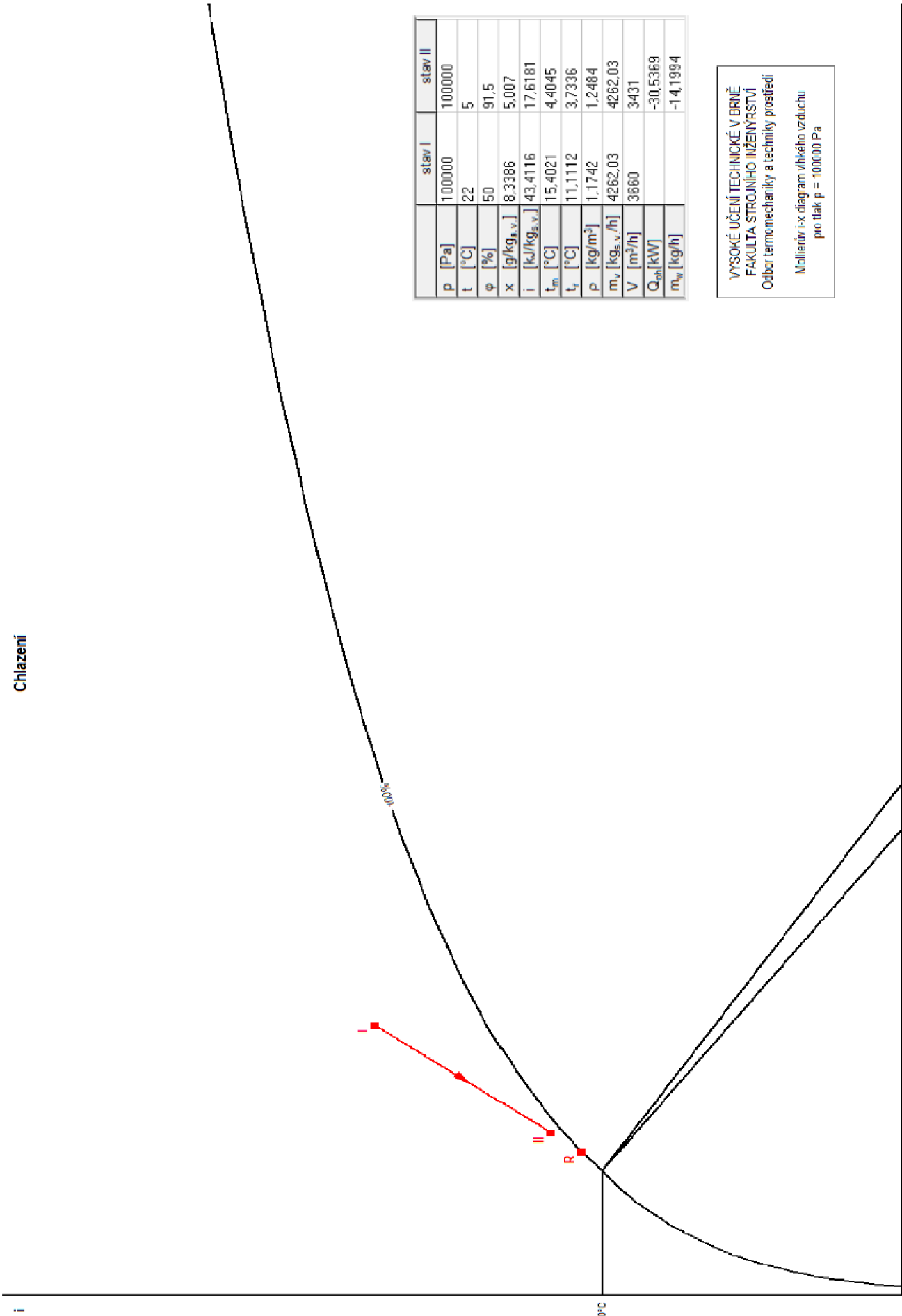
e2 - přiváděný vzduch (SUP)
i2 - odpadní vzduch (EHA)



Poznámka: Schematické znázornění funkcí jednotky. Umístění vstupů a výstupů nemusí přesně souhlasit se skutečným provedením a konfigurací trdel.


Příloha III. Průběh chlazení vzduchu (VLHKÝ VZDUCH 3.0)

Chlazení



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
Odbor termomechaniky a techniky prostředí
Mollierův i-x diagram vlhkého vzduchu
pro tlak p = 100000 Pa

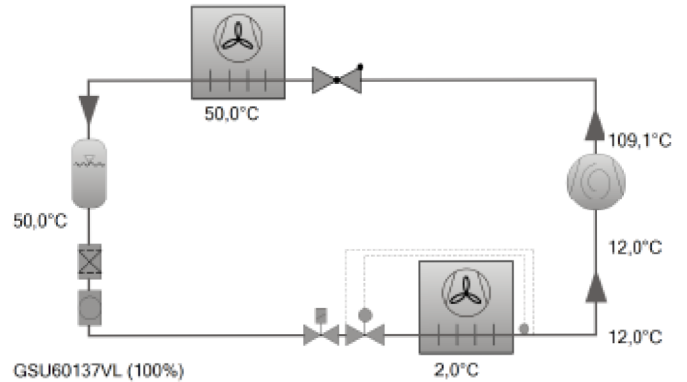
Příloha IV. Parametry kompresoru BITZER GSU60137VL

		3 / 5
BITZER Software v6.9.1 rev2074	06.03.2019 / All data subject to change.	

Selection: Scroll-Compressor

Input Values

Compressor model	GSU60137VL
Refrigerant	R32
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	2,00 °C
Condensing SDT	50,0 °C
Liq. subc. (in condenser)	0 K
Suct. gas superheat	10,00 K
Power supply	400V-3-50Hz
Useful superheat	100%



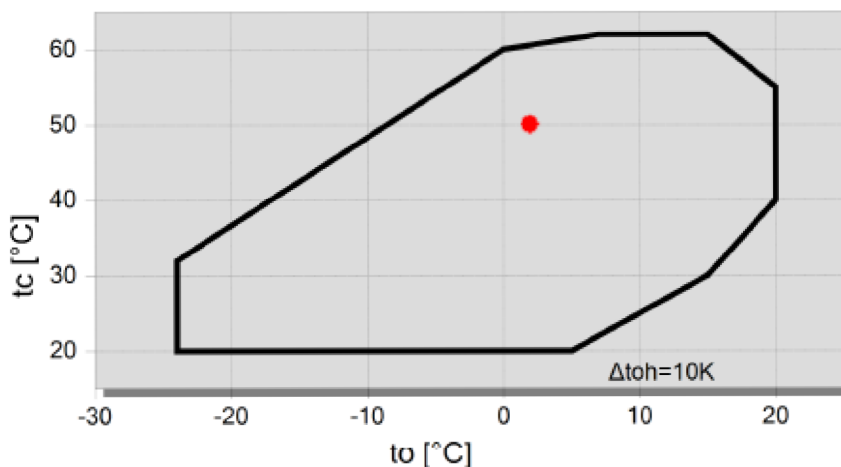
Result

Compressor	GSU60137VL_4
Capacity steps	100%
Cooling capacity	30,5 kW
Cooling capacity *	30,5 kW
Evaporator capacity	30,5 kW
Power input	9,66 kW
Current (400V)	14,10 A
Voltage range	380-420V
Condenser Capacity	40,2 kW
COP/EER	3,16
COP/EER *	3,16
Mass flow	476 kg/h
Discharge gas temp. w/o cooling	109,1 °C

Tentative Data.

*according to EN12900 (10K suction gas superheat, 0K liquid subcooling)

Application Limits



Legend

● A



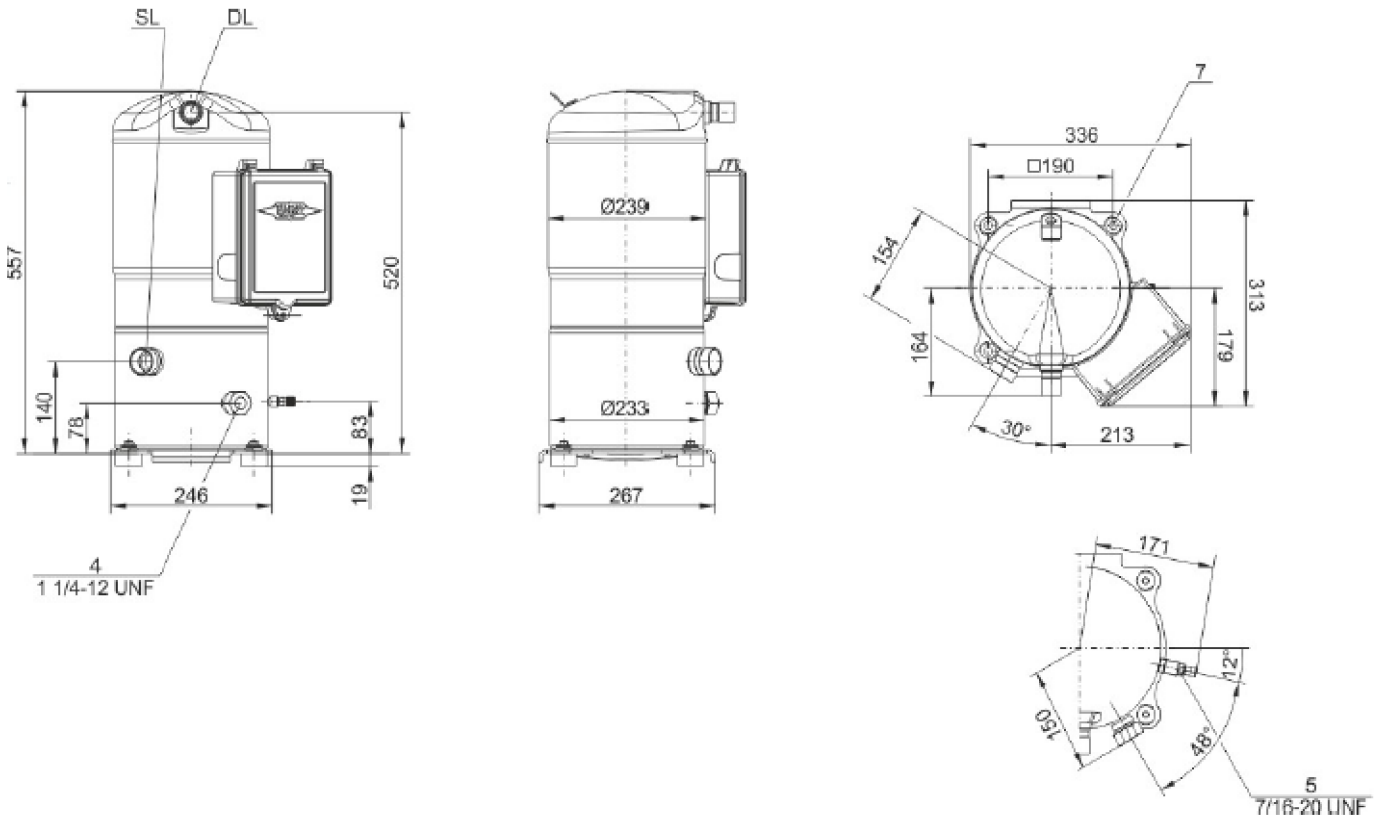
BITZER Software v6.9.1 rev2074

06.03.2019 / All data subject to change.

4 / 5

Technical Data: GSU60137VL

Dimensions and Connections



Technical Data

Technical Data

Displacement (3000 RPM)	23 m ³ /h
Displacement (3600 RPM)	27,6 m ³ /h
Weight	83 kg
Max. pressure (LP/HP)	33 / 45 bar
Connection suction line	
Direct brazing connection	1 3/8 (Standard)
Connection discharge line	
Direct brazing connection	7/8 (Standard "B" version)
Oil type R32/R410A/R454B	BVC32 (Standard)

Motor data

Motor voltage (more on request)	380-420V -50Hz
Max operating current	19.7 A
Starting current (Rotor locked)	101.0 A
Max. Power input	13,9 kW

Extent of delivery (Standard)

Oil charge	2,7 dm ³
Motor protection	SE-B3
Enclosure class	IP54

Available Options

Oil heater	90 W
Discharge gas temperature sensor	Option
Motor protection	SE-E1
Vibration dampers	Option

Příloha V. Parametry výparníku GÜNTNER GHW 045.2H/14-ANW50.E



Datum: 2019-03-07
Poptávka:
Projekt:
Číslo nabídky:
Pozice:
Vypracoval:

Výparník GHF 045.2H/14-ANW50.E Pouze pro výpočet!

Výkon:	31.0 kW ⁽¹⁾	Chladivo:	R32 ⁽²⁾
Rezerva plochy:	12.7 %	Vyparovací teplota:	2.0 °C
Prutok vzduchu:	4840 m ³ /h	Prehrátí:	10.0 K
Vstupní tepl. vzduchu:	22.0 °C	Kondenzací teplota:	50.0 °C
Výstupní tepl. vzduchu:	8.3 °C	Podchlazení:	50.0 °C
Tlak vzduchu:	1000 mbar		

Ventilátory (AC): 1 ks 1~230V 50Hz

Údaje pro 1 motor (stítkové hodnoty):

Otáčky: 1360 min⁻¹
Výkon (mech./el.): 0.30 kW/0.47 kW
Proud: 2.20 A⁽⁵⁾

Hladina akust. tlaku: 56 dB(A) v 3.0 m⁽³⁾

Hladina akust. výkonu: 78 dB(A)

Dofuk: cca. 32 m⁽⁴⁾

Námraza: 0.0 mm

ErP: Compliant⁽⁶⁾

Celkový el. příkon: 0.50 kW

Energetická třída: D (2014)

Opláštění: AlMg, Práškové lakováno RAL 9003

Trubky: Med⁽⁷⁾

Teplosmenná plocha: 51.4 m²

Lamely: Hliník⁽⁷⁾

Objem: 11.6 l

Tlak. ztráta rozdelovace: 3.2 bar

Roztec lamel: 4.00 mm

Sání: 28.0 * 1.50 mm

Hmotnost: 70 kg⁽⁸⁾

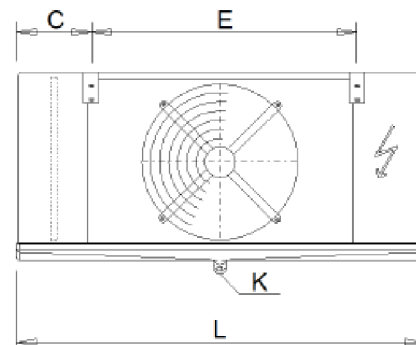
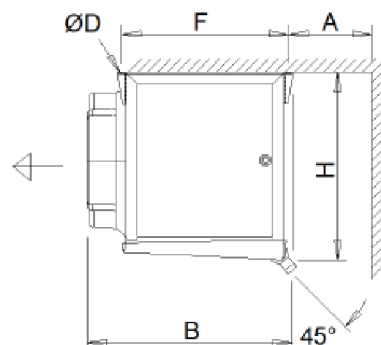
Vstup: 16.0 mm

Max. provozní tlak: 32.0 bar

PED classification: Kategorie II, module A2⁽⁹⁾

Rozměry:

L = 1360 mm
B = 660 mm
H = 650 mm
E = 890 mm
F = 545 mm
C = 240 mm
A = 500 mm
ØD = 11 mm
K = G1¼



Odpad dle DIN ISO 228-1 s G-závitem (ploché těsnění).

Upozornění: Skica a rozměry neplatí pro všechny možné varianty příslušenství!

Ceníkové ceny bez MwSt:

	ks	Jednotková cena	Celková cena
Cena výmeníku	1	1899.00 EUR	1899.00 EUR

Příslušenství

Güntner Streamer (pro zvětšený dofuk)	1		
---------------------------------------	---	--	--

Propojení na čele el. krabice	1		
-------------------------------	---	--	--

Ceníková cena celkem (bez MwSt., vč. balení)

Stanovení cenovým oddělením

Cena se rozumí:

Platební podmínky:

Dodací lhůta: 9 týdnů⁽¹⁰⁾ (Stav: 2017-12-20)

Platnost nabídky:

Podle našich všeobecných prodejních a dodacích podmínek!

Příloha VI. Parametry kondenzátoru GÜNTHER GCHC RD 050.1/11-25-4231369M

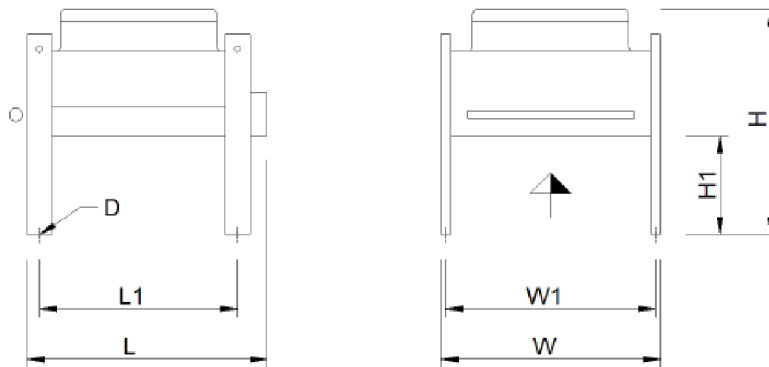


Datum: 2019-03-12
Poptávka:
Projekt:
Číslo nabídky:
Pozice:
Vypracoval:



Kondenzátor		GCHC RD 050.1/11-25-4231369M	
Výkon:	40.5 kW	Chladivo:	R32 ⁽¹⁾
Prutok vzduchu:	3246 m ³ /h	Teplota prehratých par:	109.0 °C
Vstupní tepl. vzduchu:	3.6 °C	Kondenzací teplota:	41.7 °C
Tlak vzduchu:	1000 mbar	Výstup kondenzátu:	38.7 °C
		Prutok (prehr. páry):	6.08 m ³ /h
Ventilátory (AC):	1 ks 3~400V 50HzY/(Δ)	Hladina akust. tlaku:	25 dB(A) ⁽²⁾
Údaje pro 1 motor (stítkove hodnoty):		ve vzdálenosti:	10.0 m
Otáčky:	510 min ⁻¹ / (660 min ⁻¹)	Hladina akust. výkonu:	56 dB(A)
Výkon (mech./el.):	0.03 kW/0.09 kW	ErP:	Not relevant ⁽³⁾
Proud:	0.16 A ⁽⁴⁾		
Celkový el. příkon:	0.08 kW	Energetická třída:	A (2014)
Opláštění:	Pozink. ocel, RAL 7035	Trubky:	Med ⁽⁵⁾
Teplosmenná plocha:	87.9 m ²	Lamely:	Hliník ⁽⁵⁾
Objem:	5.3 l	Přípoje (1 výměník):	
Roztec lamel:	2.10 mm	Vstup:	16.0 * 1.00 mm
Pocet tahu:	20	Výstup:	16.0 * 1.00 mm
Hmotnost:	99 kg ⁽⁶⁾	Pocet sekci:	3
Max. provozní tlak:	46.0 bar	PED classification:	Art. 4, par. 3 ⁽⁷⁾
Rozměry:			

L = 1284 mm
W = 1088 mm
H = 946 mm
H1 = 400 mm
L1 = 1100 mm
W1 = 1048 mm
D = 13 mm



Upozornění: Skica a rozmery neplatí pro všechny možné varianty príslušenství!

UI: 137.4231369M

Ceníkové ceny bez MwSt:

	ks	Jednotková cena	Celková cena
Cena výměníku	1	1487.00 EUR	1487.00 EUR
Ceníková cena celkem (bez MwSt., vč. balení)			1487.00 EUR

Cena se rozumí:

Platební podmínky:

Dodací lhuta: 4 týdnů⁽⁸⁾ (Stav: 2017-12-20)

Platnost nabídky:

Podle našich všeobecných prodejních a dodacích podmínek!

Important remarks / explanatory notes:

⁽¹⁾ Fluid group 1 according to pressure equipment directive 2014/68/EU

⁽²⁾ pro obalovou plochu podle EN 13487

⁽³⁾ This unit is equipped with fans that are not subject to Directive 2009/125/EC (ErP Directive).

Příloha VII. Parametry ventilátoru EBM Papst RadiPax K3G355-AY40-02

K3G355-AY40-02_(mID:158072)

EC centrifugal fan - RadiPac

backward curved, single inlet
epM inlet nozzle

Nominal data

Nominal voltage range	V	3~ 380 .. 480
Frequency	Hz	50/60
Fan speed	n	min ⁻¹ 2600
Input power	P _{ed}	W 1700
Current draw	I	A 2,6
Mass	kg	23
Min. ambient temp.	°C	-25
Max. ambient temp.	°C	40
Protection class		54
Approvals		UL 1004-7 + 60730;
Number of blades		7
Mounting position		Shaft horizontal or rotor on bottom rotor on top on request

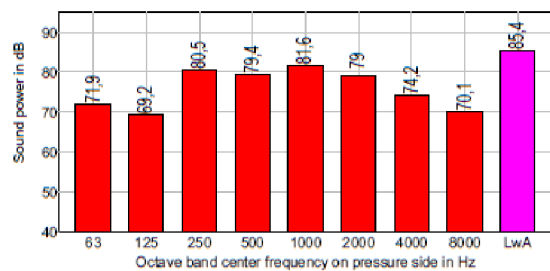
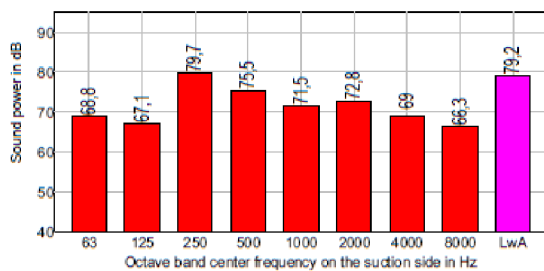
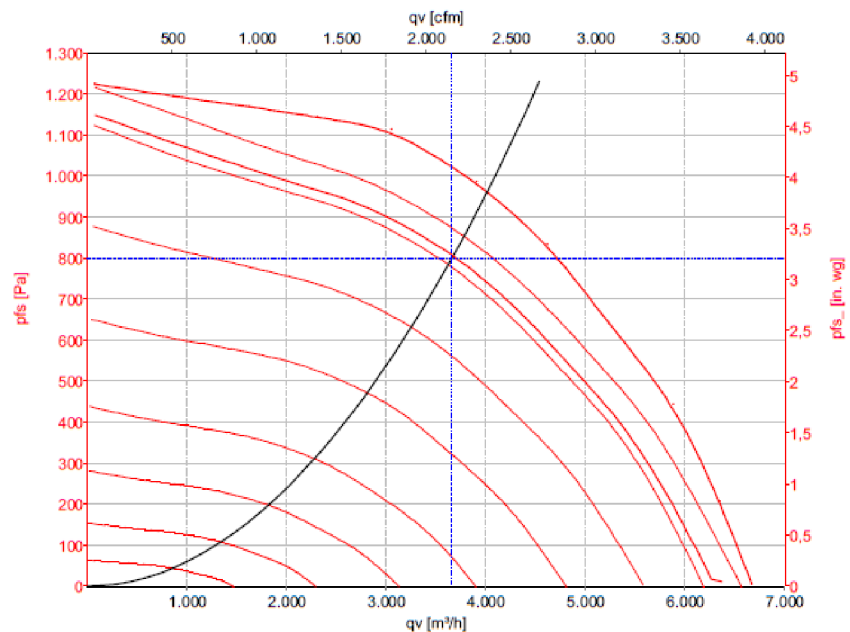
Air performance measured as per ISO 5801 Installation category A.
For detailed information on the measuring setup, please contact ebm-papst.
Suction-side noise levels: L_{WA} measured as per ISO 13347 / L_{pA} with 1 m distance to fan axis.
The values given are valid under the measuring conditions mentioned above and may vary according to the actual installation situation.
With any deviation from the standard setup, the specific values have to be checked and reviewed with the unit installed.

q_v = airflow
p_t = total pressure (static + dynamic)
P_{ed} = electrical input power
η_{ed} = q_v × p_t / P_{ed} (overall efficiency)
I = current draw
L_{WA}(A, out) = sound power outlet
L_{WA}(A, in+out) = sound power inlet+outlet
P_{calculated to} = air density converted to the application
P_{measured at} = air density measured environment
U_{control} = control voltage

p_{fs} = static pressure
n = fan speed
SFP = specific fan power
η_{es} = overall static efficiency
L_{WA}(A, in) = sound power inlet

Data in operating point

q _v	m ³ /h	3660
		2154
p _{fs}	Pa	800
p _t	Pa	838
n	min ⁻¹	2390
P _{ed}	W	1353
SFP	kW/(m ³ /s)	1,33
η _{ed}	%	62,9
η _{es}	%	60,1
I	A	2,08
L _{WA} (A, in)	dB(A)	79,2
L _{WA} (A, out)	dB(A)	85,4
L _{WA} (A, in+out)	dB(A)	86,3
U _{control}	V	8,1
Settings		
ρ _{calculated to}	kg/m ³	1,2
ρ _{measured at}	kg/m ³	1,14



Příloha VIII. Výpočet tepelných ztrát prostupem

TC		TechCON® 2.4.2019																			
Firma:		Datum: 21.3.2019										Stavba: Platan Místo:									
Výpočet budovy																					
$\theta_e = -15\text{ °C}$ $\theta_{me} = 3\text{ °C}$																					
č.m.	Účel místnosti	$\theta_{in,i}$ [°C]	A_i [m ²]	V_i [m ³]	ε_i [-]	$V'_{inf,i}$ [m ³ /h]	V'_{sui} [m ³ /h]	θ_{su} [°C]	$V'_{ex,i}$ [m ³ /h]	$V'_{mech,inf}$ [m ³ /h]	$V'_{su,sm}$ [m ³ /h]	V'_i [m ³ /h]	n [1/h]	n_{min} [1/h]	$V_{min,i}$ [m ³ /h]	V'_{lv} [m ³ /h]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$f_{h,i}$ [-]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
K1200	SCHODISTE	17.0	12.32	35.29	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	17.6	17.6	192	-192	1.0	0	0
K1200	CHODBA	18.6	22.73	65.11	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	32.6	32.6	372	-371	1.0	0	1
K1200	CHODBA	17.5	9.14	26.19	1.00	1.0	-	-	-	-	-	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	12	-12	1.0	0	-0
K1210	PŘEDSIN	20.0	3.00	8.61	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	18	1.0	0	18
K1210	OBYVACÍ POI	20.0	19.09	54.69	1.00	2.2	-	-	-	-	-	2.2	0.0	0.5	27.3	27.3	325	534	1.0	0	859
K1210	POKOJ	20.0	12.14	34.79	1.00	1.4	-	-	-	-	-	1.4	0.0	0.5	17.4	17.4	207	274	1.0	0	481
K1210	KOUPELNA +	24.0	4.49	12.85	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	264	1.0	0	264
K1220	PŘEDSIN	20.0	5.93	17.00	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	20	1.0	0	20
K1220	POKOJ	20.0	18.14	51.98	1.00	2.1	-	-	-	-	-	2.1	0.0	0.5	26.0	26.0	309	296	1.0	0	605
K1220	POKOJ	20.0	15.94	45.66	1.00	1.8	-	-	-	-	-	1.8	0.0	0.5	22.8	22.8	272	289	1.0	0	561
K1220	KOUPELNA	24.0	3.77	10.79	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	211	1.0	0	211
K1220	WC	20.0	2.10	6.02	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1.0	0	0
K1220	OBYVACÍ POI	20.0	21.12	60.50	1.00	2.4	-	-	-	-	-	2.4	0.0	0.5	30.3	30.3	360	364	1.0	0	724
K1230	PŘEDSIN	20.0	1.91	5.48	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	35	1.0	0	35
K1230	KOUPELNA +	24.0	4.43	12.68	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	310	1.0	0	310
K1230	OBYVACÍ POI	20.0	17.50	50.13	1.00	2.0	-	-	-	-	-	2.0	0.0	0.5	25.1	25.1	298	389	1.0	0	687
K1240	PŘEDSIN	20.0	3.17	9.09	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	36	1.0	0	36
K1240	KOUPELNA +	24.0	4.67	13.38	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	270	1.0	0	270
K1240	OBYVACÍ POI	20.0	23.42	67.11	1.00	4.0	-	-	-	-	-	4.0	0.1	0.5	33.6	33.6	399	829	1.0	0	1228
K1250	PŘEDSIN	20.0	2.08	5.96	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	56	1.0	0	56
K1250	OBYVACÍ POI	20.0	17.39	49.82	1.00	2.0	-	-	-	-	-	2.0	0.0	0.5	24.9	24.9	296	392	1.0	0	688
K1250	KOUPELNA +	24.0	4.37	12.52	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	230	1.0	0	230
K1260	PŘEDSIN	20.0	7.09	20.31	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	34	1.0	0	34
K1260	POKOJ	20.0	18.47	52.91	1.00	2.1	-	-	-	-	-	2.1	0.0	0.5	26.5	26.5	315	395	1.0	0	710
K1260	KOUPELNA	24.0	3.77	10.79	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	220	1.0	0	220
K1260	WC	20.0	2.10	6.03	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1.0	0	0
K1260	OBYVACÍ POI	20.0	30.26	86.71	1.00	3.5	-	-	-	-	-	3.5	0.0	0.5	43.4	43.4	516	428	1.0	0	944
K1300	SCHODISTE	16.6	12.34	35.35	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	17.7	17.7	190	-191	1.0	0	-1
K1300	CHODBA	18.2	22.70	65.02	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	32.5	32.5	367	-367	1.0	0	0
K1310	PŘEDSIN	20.0	3.00	8.61	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	23	1.0	0	23
K1310	OBYVACÍ POI	20.0	19.09	54.69	1.00	2.2	-	-	-	-	-	2.2	0.0	0.5	27.3	27.3	325	321	1.0	0	646
K1310	POKOJ	20.0	12.14	34.79	1.00	1.4	-	-	-	-	-	1.4	0.0	0.5	17.4	17.4	207	274	1.0	0	481
K1310	KOUPELNA +	24.0	4.49	12.85	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	255	1.0	0	255
K1320	PŘEDSIN	20.0	5.93	17.00	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	25	1.0	0	25
K1320	POKOJ	20.0	18.14	51.98	1.00	2.1	-	-	-	-	-	2.1	0.0	0.5	26.0	26.0	309	302	1.0	0	611
K1320	POKOJ	20.0	15.94	45.66	1.00	1.8	-	-	-	-	-	1.8	0.0	0.5	22.8	22.8	272	289	1.0	0	561
K1320	KOUPELNA	24.0	3.77	10.79	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	198	1.0	0	198
K1320	WC	20.0	2.10	6.03	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1.0	0	0
K1320	OBYVACÍ POI	20.0	21.12	60.50	1.00	2.4	-	-	-	-	-	2.4	0.0	0.5	30.3	30.3	360	339	1.0	0	699
K1330	PŘEDSIN	20.0	1.91	5.48	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	44	1.0	0	44
K1330	KOUPELNA +	24.0	4.43	12.68	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	297	1.0	0	297
K1330	OBYVACÍ POI	20.0	17.50	50.13	1.00	2.0	-	-	-	-	-	2.0	0.0	0.5	25.1	25.1	298	261	1.0	0	559
K1340	PŘEDSIN	20.0	3.17	9.09	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	40	1.0	0	40
K1340	KOUPELNA +	24.0	4.67	13.38	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	309	1.0	0	309
K1340	OBYVACÍ POI	20.0	23.42	67.11	1.00	4.0	-	-	-	-	-	4.0	0.1	0.5	33.6	33.6	399	568	1.0	0	967
K1350	PŘEDSIN	20.0	2.08	5.96	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	65	1.0	0	65
K1350	OBYVACÍ POI	20.0	17.39	49.82	1.00	2.0	-	-	-	-	-	2.0	0.0	0.5	24.9	24.9	296	264	1.0	0	560
K1350	KOUPELNA +	24.0	4.37	12.52	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	216	1.0	0	216
K1360	PŘEDSIN	20.0	6.50	18.63	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	24	1.0	0	24
K1360	OBYVACÍ POI	20.0	24.60	70.49	1.00	2.8	-	-	-	-	-	2.8	0.0	0.5	35.2	35.2	419	254	1.0	0	673
K1360	WC	20.0	2.10	6.03	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1.0	0	0
K1360	KOUPELNA	24.0	3.77	10.79	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	202	1.0	0	202
K1360	POKOJ	20.0	16.12	46.19	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	23.1	23.1	275	87	1.0	0	362
K1360	POKOJ	20.0	18.35	52.58	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	26.3	26.3	313	126	1.0	0	439

K1400	SCHODIŠTĚ	16.6	12.32	35.29	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	17.6	17.6	190	-190	1.0	0	0
K1400	CHODBA	18.3	22.71	65.08	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	32.5	32.5	368	-369	1.0	0	-1
K1410	PŘEDSIN	20.0	3.00	8.61	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	22	1.0	0	22
K1410	OBYVACÍ POI	20.0	19.09	54.69	1.00	2.2	-	-	-	-	-	2.2	0.0	0.5	27.3	27.3	325	543	1.0	0	868
K1410	POKOJ	20.0	12.14	34.79	1.00	1.4	-	-	-	-	-	1.4	0.0	0.5	17.4	17.4	207	274	1.0	0	481
K1410	KOUPELNA +	24.0	4.49	12.85	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	254	1.0	0	254
K1420	PŘEDSIN	20.0	5.93	17.00	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	23	1.0	0	23
K1420	POKOJ	20.0	18.14	51.98	1.00	2.1	-	-	-	-	-	2.1	0.0	0.5	26.0	26.0	309	301	1.0	0	610
K1420	POKOJ	20.0	15.94	45.66	1.00	1.8	-	-	-	-	-	1.8	0.0	0.5	22.8	22.8	272	289	1.0	0	561
K1420	KOUPELNA	24.0	3.77	10.79	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	198	1.0	0	198
K1420	WC	20.0	2.10	6.03	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1.0	0	0
K1420	OBYVACÍ POI	20.0	21.12	60.50	1.00	2.4	-	-	-	-	-	2.4	0.0	0.5	30.3	30.3	360	339	1.0	0	699
K1430	PŘEDSIN	20.0	1.91	5.48	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	42	1.0	0	42
K1430	KOUPELNA +	24.0	4.43	12.68	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	297	1.0	0	297
K1430	OBYVACÍ POI	20.0	17.50	50.13	1.00	2.0	-	-	-	-	-	2.0	0.0	0.5	25.1	25.1	298	261	1.0	0	559
K1440	PŘEDSIN	20.0	3.17	9.09	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	40	1.0	0	40
K1440	KOUPELNA +	24.0	4.67	13.38	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	310	1.0	0	310
K1440	OBYVACÍ POI	20.0	23.42	67.11	1.00	4.0	-	-	-	-	-	4.0	0.1	0.5	33.6	33.6	399	568	1.0	0	967
K1450	PŘEDSIN	20.0	2.08	5.96	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	64	1.0	0	64
K1450	OBYVACÍ POI	20.0	17.39	49.82	1.00	2.0	-	-	-	-	-	2.0	0.0	0.5	24.9	24.9	296	264	1.0	0	560
K1450	KOUPELNA +	24.0	4.37	12.52	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	225	1.0	0	225
K1460	PŘEDSIN	20.0	6.50	18.63	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	21	1.0	0	21
K1460	OBYVACÍ POI	20.0	24.60	70.49	1.00	2.8	-	-	-	-	-	2.8	0.0	0.5	35.2	35.2	419	265	1.0	0	684
K1460	WC	20.0	2.10	6.03	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1.0	0	0
K1460	KOUPELNA	24.0	3.77	10.79	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	189	1.0	0	189
K1460	OBYVACÍ POI	20.0	15.36	44.02	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	22.0	22.0	262	83	1.0	0	345
K1460	POKOJ	20.0	19.11	54.75	1.00	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	27.4	27.4	326	109	1.0	0	435
K1500	SCHODIŠTĚ	16.7	12.34	37.20	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	18.6	18.6	200	-201	1.0	0	-1
K1500	CHODBA	18.8	22.70	68.44	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	34.2	34.2	393	-394	1.0	0	-1
K1510	PŘEDSIN	20.0	3.00	9.06	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	17	1.0	0	17
K1510	OBYVACÍ POI	20.0	19.09	57.56	1.20	2.8	-	-	-	-	-	2.8	0.0	0.5	28.8	28.8	342	309	1.0	0	651
K1510	POKOJ	20.0	12.14	36.61	1.20	1.8	-	-	-	-	-	1.8	0.0	0.5	18.3	18.3	218	244	1.0	0	462
K1510	KOUPELNA +	24.0	4.49	13.52	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	278	1.0	0	278
K1520	PŘEDSIN	20.0	5.93	17.89	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	18	1.0	0	18
K1520	POKOJ	20.0	18.27	55.08	1.20	2.6	-	-	-	-	-	2.6	0.0	0.5	27.5	27.5	328	295	1.0	0	623
K1520	POKOJ	20.0	15.81	47.67	1.20	2.3	-	-	-	-	-	2.3	0.0	0.5	23.8	23.8	284	259	1.0	0	543
K1520	KOUPELNA	24.0	3.77	11.35	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	220	1.0	0	220
K1520	WC	20.0	2.12	6.38	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1.0	0	0
K1520	OBYVACÍ POI	20.0	21.10	63.62	1.20	3.1	-	-	-	-	-	3.1	0.0	0.5	31.8	31.8	379	326	1.0	0	705
K1530	PŘEDSIN	20.0	1.91	5.77	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	31	1.0	0	31
K1530	KOUPELNA +	24.0	4.43	13.35	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	319	1.0	0	319
K1530	OBYVACÍ POI	20.0	17.50	52.76	1.20	2.5	-	-	-	-	-	2.5	0.0	0.5	26.4	26.4	314	270	1.0	0	584
K1540	PŘEDSIN	20.0	3.17	9.57	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	40	1.0	0	40
K1540	KOUPELNA +	24.0	4.67	14.08	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	285	1.0	0	285
K1540	OBYVACÍ POI	20.0	23.42	70.62	1.20	5.1	-	-	-	-	-	5.1	0.1	0.5	35.3	35.3	420	583	1.0	0	1003
K1550	PŘEDSIN	20.0	1.94	5.86	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	57	1.0	0	57
K1550	OBYVACÍ POI	20.0	17.52	52.81	1.20	2.5	-	-	-	-	-	2.5	0.0	0.5	26.4	26.4	314	265	1.0	0	579
K1550	KOUPELNA +	24.0	4.38	13.21	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	252	1.0	0	252
K1560	PŘEDSIN	20.0	6.50	19.60	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	18	1.0	0	18
K1560	OBYVACÍ POI	20.0	24.60	74.18	1.20	3.6	-	-	-	-	-	3.6	0.0	0.5	37.1	37.1	441	254	1.0	0	695
K1560	WC	20.0	2.10	6.34	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1.0	0	0
K1560	KOUPELNA	24.0	3.77	11.35	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	216	1.0	0	216
K1560	POKOJ	20.0	16.12	48.60	1.20	2.3	-	-	-	-	-	2.3	0.0	0.5	24.3	24.3	289	281	1.0	0	570
K1560	POKOJ	20.0	18.35	55.33	1.20	2.7	-	-	-	-	-	2.7	0.0	0.5	27.7	27.7	329	258	1.0	0	587
K1600	SCHODIŠTĚ	16.8	12.34	37.20	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	18.6	18.6	201	-201	1.0	0	0
K1600	CHODBA	17.7	16.85	50.81	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.5	25.4	25.4	282	-283	1.0	0	-1
K1610	PŘEDSIN	20.0	9.24	27.87	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	57	1.0	0	57
K1610	POKOJ	20.0	9.59	28.92	1.20	1.4	-	-	-	-	-	1.4	0.0	0.5	14.5	14.5	172	335	1.0	0	507
K1610	POKOJ	20.0	11.86	35.75	1.20	1.7	-	-	-	-	-	1.7	0.0	0.5	17.9	17.9	213	266	1.0	0	479
K1610	WC	20.0	2.10	6.34	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1.0	0	0
K1610	KOUPELNA	24.0	6.27	18.90	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	274	1.0	0	274
K1610	KOMORA	20.0	2.47	7.44	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	-13	1.0	0	-13
K1610	OBYVACÍ POI	20.0	34.37	103.64	1.20	7.5	-	-	-	-	-	7.5	0.1	0.5	51.8	51.8	617	769	1.0	0	1386
K1620	PŘEDSIN	20.0	15.35	46.28	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	74	1.0	0	74
K1620	POKOJ	20.0	24.61	74.20	1.20	5.3	-	-	-	-	-	5.3	0.1	0.5	37.1	37.1	441	688	1.0	0	1129
K1620	POKOJ	20.0	14.90	44.92	1.20	2.2	-	-	-	-	-	2.2	0.0	0.5	22.5	22.5	267	292	1.0	0	559
K1620	KOUPELNA	24.0	3.77	11.35	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	221	1.0	0	221
K1620	WC	20.0	2.10	6.34	1.20	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1.0	0	0
K1620	POKOJ	20.0	11.47	34.58	1.20	1.7	-	-	-	-	-	1.7	0.0	0.5	17.3	17.3	206	259	1.0	0	465
K1620	OBYVACÍ POI	20.0	36.96	111.43	1.20	8.0	-	-	-	-	-	8.0	0.1	0.5	55.7	55.7	663	765	1.0	0	1428
K1620	POKOJ	20.0	13.97	42.11	1.20	2.0	-	-	-	-	-	2.0	0.0	0.5	21.1	21.1	251	350	1.0	0	601
K1700	SCHODIŠTĚ	17.2	12.40	37.38	1.20	0.0	-	-													

Příloha IX. Porovnání způsobů vytápění

Raychem

Porovnání způsobů vytápění

Účelem Výpočtového modulu je ukázat vytápění domu v širších souvislostech. Velikost, provedení a vybavení elektrickými spotřebiči úzce souvisí se spotřebou vytápění a nelze je lehce oddělit. Vzhledem ke snaze zpřístupnit výpočty laické veřejnosti byly údaje zestručněny, zjednodušeny a jsou tedy orientační. Vychází však z reálných a skutečně realizovaných domů.

Typ provozu: Osoby pracující mimo domov a bezdětní (skoro pořád mimo dům)

TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU

Projektová potřeba tepla pro pokrytí tepelného toku obálkou budovy: 50 kWh/m²

Vytápěná plocha: 150 m²

Rekuperace tepla při nuceném větrání ano

OHŘEV TEPLÉ VODY

Počet osob: 4

Zásobník ohříváný energií na vytápění.

OSTATNÍ SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE

Vaření	Příkon [kW]	Doba běhu [h/den]	Roční spotřeba [kWh]	Započítat do tepelného zisku	Tepelný zisk [kWh]
Elektrický sporák	2,000	1:00	730	ano	292
Elektrická trouba	2,000	0:30	365	ano	146
Rychlovarná konvice	2,000	0:07	88	ano	35
Mikrovlnná trouba	0,120	6:00	263	ano	105
Kombinovaná chladnička	0,120	6:00	263	ano	105
Myčka nádobí	0,650	1:30	356	ano	142
Rekuperace vzduchu	0,025	24:00	219	ne	-

Domácnost	Příkon [kW]	Doba běhu [h/den]	Roční spotřeba [kWh]	Započítat do tepelného zisku	Tepelný zisk [kWh]
Pračka	0,600	1:30	328	ano	131
Sušička prádla	0,750	2:00	548	ano	219
Osvětlení 1	0,018	8:00	53	ano	21
Osvětlení 2	0,012	4:00	18	ano	7

Zábava	Příkon [kW]	Doba běhu [h/den]	Roční spotřeba [kWh]	Započítat do tepelného zisku	Tepelný zisk [kWh]
TV	0,070	6:00	153	ano	61
PC (osobní počítač)	0,080	6:00	175	ano	70
Internet (běh modemů, routerů)	0,010	24:00	88	ano	35

POROVNÁNÍ ZPŮSOBU VYTÁPĚNÍ

Stát: Podlahové vytápění kabely T2Red, ČEZ (ČR)

Zemní plyn: Klasický kotel, E.ON (ČR)



CZECH REPUBLIC & SLOVAKIA
Pentair Valves & Controls Czech s.r.o.
Bělohorská 26 1/37, 169 00 Praha 6
Tel. +420 233 113 352, Fax +420 241 911 100
czechinfo@pentair.com
www.pentairthermal.cz

Příloha X. Technické charakteristiky jednotky DIMPLEX LA 60 TU

Technical data LA 60TU



Air-to-water heat pump.

Device information	LA 60TU
Design	
- Heat source	Outside air
- Model	Universal design
- Regulation	
- Thermal energy metering	Integrated
- Installation location	Outdoors
- Performance levels	2
Operating limits	
- Min. return temperature / Max. flow temperature 7)	18 / 65 °C +/- 2
- Lower operating limit heat source (heating operation) / Upper operating limit heat source (heating operation)	-22 / 35 °C
Flow / sound	
- Max. heating water flow rate / Pressure drop	10,4 m³/h / 8300 Pa
- Minimum heating water flow rate	5,3 m³/h
- Heat source flow (min.)	14000 m³/h
- Sound power level	74 dB (A)
- Sound power level in accordance with EN 12012 (lowered operation)	71 dB (A)
- Sound pressure level in 10 m 2)	50 dB (A)
Dimensions/weight and filling quantities	
- Dimensions (W x H x D) 3)	1900 x 2300 x 1000 mm
- Weight	915 kg
- Thread type, heating connection / Connection heating	R / 2 inch
- Refrigerant / Amount of refrigerant	R417A / 20,9 kg
- Oil type / Oil quantity	Polyolester (POE) / 8,28 l
- Water content	16,0 l
Electrical connection	
- Rated voltage / Fuse protection	3/N/PE ~400 V, 50 Hz / Z 50 A
- Control voltage / Control voltage fuse protection	1/N/PE ~230 V, 50 Hz / C 16 A
- Degree of protection	IP 24
- Initial current limiter	Yes
- Starting current	78 A
- Nominal power consumption according to EN 14511 at A7/W35 / Maximum electric power consumption 1)	15 / 27,6 kW
- Nominal current at A7/W35 / Nominal current cos phi	26,4 A / 0,8
- Power consumption of the compressor protection	70 W
Complies with the European safety regulations	
Additional model features	
- Type of defrosting	Reverse circulation
- Water in device protected against freezing 4)	Yes

Heat output / coefficient of performance (COP) according to EN 14511: 1)

Heating compressor 1	W35	W45	W55
A-20	14,0 kW / 2,2	12,56 kW / 1,72	11,98 kW / 1,46
A-15	15,1 kW / 2,3	15,12 kW / 1,99	13,22 kW / 1,57
A-7	21,2 kW / 3,0	17,84 kW / 2,28	17,04 kW / 1,92
A2	26,4 kW / 3,7	23,9 kW / 2,81	23,45 kW / 2,44
A7	31,9 kW / 4,3	29,79 kW / 3,34	28,3 kW / 2,9
A10	33,6 kW / 4,4	32,5 kW / 3,65	30,7 kW / 3,04
A12	35,0 kW / 4,42	34,6 kW / 3,84	32,1 kW / 3,15
Heating compressor 2	W35	W45	W55
A-20	23,50 kW / 1,99	22,51 kW / 1,69	21,50 kW / 1,54
A-15	29,34 kW / 2,31	27,76 kW / 2,01	26,71 kW / 1,73
A-7	39,2 kW / 2,9	36,4 kW / 2,44	34,3 kW / 2,22
A2	50,0 kW / 3,6	47,32 kW / 2,97	46,07 kW / 2,56
A7	60,1 kW / 4,1	57,0 kW / 3,37	55,0 kW / 2,8
A10	64,6 kW / 4,2	61,8 kW / 3,6	60,5 kW / 3,08
A12	66,0 kW / 4,4	65,0 kW / 3,61	63,0 kW / 3,15
A20	80,68 kW / 4,85	78,60 kW / 4,21	76,33 kW / 3,61

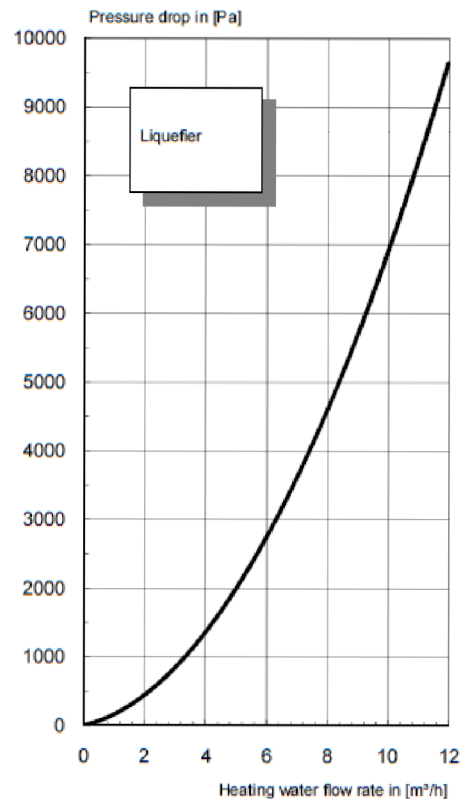
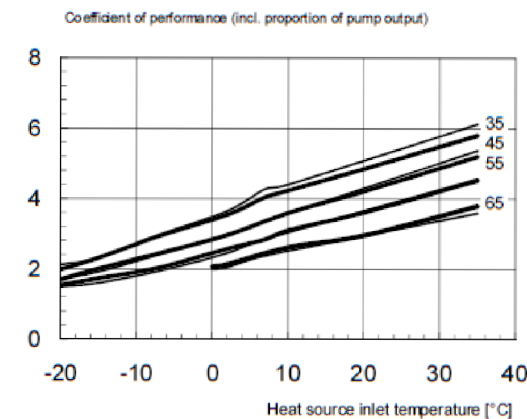
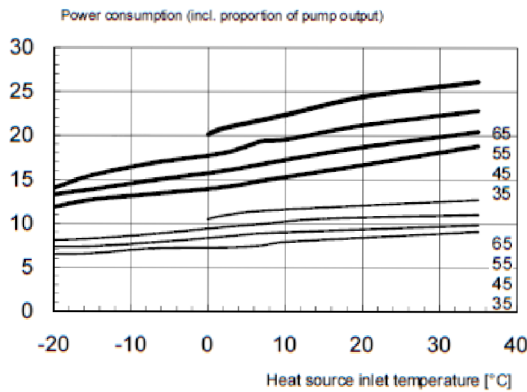
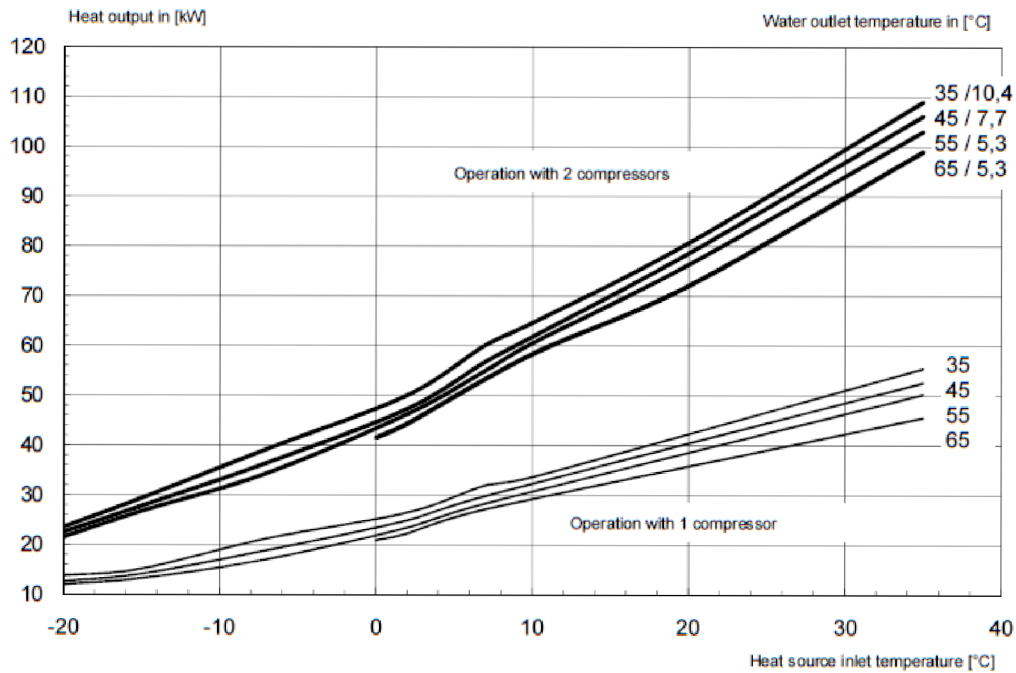
Note:

- This data indicates the size and capacity of the system according to EN 14511. For an analysis of the economic and energy efficiency of the system, the bivalence point and regulation should be taken into consideration. These specifications can only be achieved with clean heat exchangers. Information on maintenance, commissioning and operation can be found in the respective sections of the installation and operating instructions. The specified values have the following meaning, e.g. A7 / W35: Heat source temperature 7 °C and heating water flow temperature 35 °C.
- The specified sound pressure level corresponds to the operating noise of the heat pump in heating operation with a flow temperature of 35 °C. The specified sound pressure level represents the free sound area level. The measured value can deviate by up to 16 dB(A), depending on the installation location.
- Please note that additional space is required for pipe connections, operation and maintenance.
- The heat circulating pump and the heat pump manager must always be ready for operation.
- Depending on the heat pump type and refrigerant used, the maximum flow temperatures in heating operation may be reduced when the outside temperature falls. Further information can be found in the operating limit diagram for the heat pump. If the supporting feet are used, the level can increase by up to 3 dB(A).

Characteristic curve heating LA 60TU



Air-to-water heat pump.



Příloha XI. Výpočet provozních charakteristik VZT TČ při zaregulování

Č. bytu	Průtok vzduchu [m³/h]	Průměrné teploty									
		Měsíce	-2,51	-0,36	3,58	9,14	13,99	13,89	8,65	3,84	-0,85
		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	
K 1.2.1	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Tepelné ztráty [kW]	1,00	0,79	0,58	0,37	0,21	0,18	0,35	0,62	0,91
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,00	0,79	0,58	0,37	0,21	0,18	0,35	0,62	0,91
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,2	19,1	17,9	18,3	19,1	18,4	17,3	19,1	21,6
K 1.2.2	140,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,26	1,04	0,76	0,46	0,27	0,25	0,48	0,85	1,19
		Tepelné ztráty [kW]	1,14	0,88	0,64	0,42	0,24	0,22	0,41	0,71	1,09
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,14	0,88	0,64	0,42	0,24	0,22	0,41	0,71	1,09
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,7	18,4	17,1	18,0	19,1	18,5	17,2	18,9	22,4
K 1.2.3	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Tepelné ztráty [kW]	1,10	0,96	0,73	0,38	0,18	0,17	0,44	0,76	1,03
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,38	0,18	0,17	0,41	0,73	1,02
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,4	18,0	18,8	22,0	24,5
K 1.2.4	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Tepelné ztráty [kW]	1,33	1,15	0,85	0,45	0,22	0,21	0,53	0,92	1,25
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,22	0,21	0,41	0,73	1,02
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	19,5	19,1	18,8	22,0	24,5
K 1.2.5	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Tepelné ztráty [kW]	1,05	0,92	0,68	0,35	0,16	0,15	0,41	0,72	0,98
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,05	0,89	0,65	0,35	0,16	0,15	0,41	0,72	0,98
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,6	21,6	19,8	17,9	18,0	17,6	18,7	21,7	23,5
K 1.2.6	140,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,26	1,04	0,76	0,46	0,27	0,25	0,48	0,85	1,19
		Tepelné ztráty [kW]	1,29	1,08	0,79	0,45	0,24	0,21	0,47	0,86	1,22
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,26	1,04	0,76	0,45	0,24	0,21	0,47	0,85	1,19
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,7	19,1	18,4	18,6	22,0	24,5
K 1.3.1	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Tepelné ztráty [kW]	1,04	0,83	0,61	0,38	0,21	0,18	0,36	0,65	0,95
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,04	0,83	0,61	0,38	0,21	0,18	0,36	0,65	0,95
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,2	20,2	18,7	18,5	19,1	18,3	17,6	20,0	22,6
K 1.3.2	140,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,26	1,04	0,76	0,46	0,27	0,25	0,48	0,85	1,19
		Tepelné ztráty [kW]	1,13	0,87	0,63	0,41	0,24	0,21	0,40	0,70	1,03
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,13	0,87	0,63	0,41	0,24	0,21	0,40	0,70	1,03
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,4	18,1	16,9	17,9	19,0	18,4	17,2	18,8	20,9
K 1.3.3	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Tepelné ztráty [kW]	1,16	1,02	0,77	0,41	0,19	0,18	0,47	0,81	1,08
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,19	0,18	0,41	0,73	1,02
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5
K 1.3.4	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Tepelné ztráty [kW]	1,18	1,02	0,74	0,38	0,19	0,18	0,45	0,81	1,10
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,38	0,19	0,18	0,41	0,73	1,02
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,6	18,2	18,8	22,0	24,5
K 1.3.5	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Tepelné ztráty [kW]	0,97	0,85	0,63	0,33	0,14	0,13	0,37	0,66	0,90
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	0,97	0,85	0,63	0,33	0,14	0,13	0,37	0,66	0,90
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,5	20,6	19,2	17,2	17,6	17,2	17,8	20,3	21,4
K 1.3.6	140,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,26	1,04	0,76	0,46	0,27	0,25	0,48	0,85	1,19
		Tepelné ztráty [kW]	1,22	1,08	0,82	0,44	0,20	0,19	0,50	0,85	1,14
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,22	1,04	0,76	0,44	0,20	0,19	0,48	0,85	1,14
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,5	21,6	19,8	18,5	18,3	18,0	18,8	21,9	23,3
K 1.4.1	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Tepelné ztráty [kW]	1,34	1,19	0,91	0,50	0,24	0,23	0,56	0,94	1,25
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	19,8	19,2	18,8	22,0	24,5
K 1.4.2	140,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,26	1,04	0,76	0,46	0,27	0,25	0,48	0,85	1,19
		Tepelné ztráty [kW]	0,98	0,74	0,54	0,37	0,21	0,19	0,35	0,70	0,88
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	0,98	0,74	0,54	0,37	0,21	0,19	0,35	0,70	0,88
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	18,2	15,4	15,0	16,9	18,4	17,9	16,1	18,7	17,9
		Zaregulována replota přív. vzduchu [-]	18,2	16,5	16,5	16,9	18,4	17,9	16,5	18,7	17,9
K 1.4.3	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Tepelné ztráty [kW]	1,16	1,02	0,77	0,41	0,19	0,18	0,47	0,81	1,08
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,19	0,18	0,41	0,73	1,02
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	18,6	18,3	18,8	22,0	24,5
K 1.4.4	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,39	0,23	0,21	0,41	0,73	1,02
		Tepelné ztráty [kW]	1,19	1,02	0,74	0,38	0,19	0,18	0,45	0,81	1,08
		Reálný výkon TČ [kW]	1,08	0,89	0,65	0,38	0,19	0,18	0,41	0,73	1,02
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,6	18,6	18,2	18,8	22,0	24,5
K 1.4.5	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,19	1,06	0,83	0,44	0,22	0,21	0,51	0,86	1,13
		Tepelné ztráty [kW]	0,98	0,85	0,63	0,33	0,15	0,13	0,37	0,67	0,91
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	0,98	0,85	0,63	0,33	0,15	0,13	0,37	0,67	0,91
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	21,7	20,7	19,3	17,3	17,6	17,2	17,9	20,4	21,5
K 1.4.6	140,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,39	1,24	0,96	0,51	0,25	0,24	0,59	1,00	1,32
		Tepelné ztráty [kW]	1,01	0,83	0,60	0,34	0,18	0,16	0,35	0,66	0,93
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,01	0,83	0,60	0,34	0,18	0,16	0,35	0,66	0,93
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	19,0	17,2	16,2	16,4	17,8	17,2	16,0	17,8	18,9
		Zaregulována replota přív. vzduchu [-]	19,0	17,2	16,5	16,5	17,8	17,2	16,5	17,8	18,9

K 1.5.1	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,19	1,06	0,83	0,44	0,22	0,21	0,51	0,86	1,13
		Tepelné ztráty [kW]	0,86	0,68	0,50	0,32	0,17	0,15	0,30	0,53	0,78
		Reálný výkon TČ [kW]	0,86	0,68	0,50	0,32	0,17	0,15	0,30	0,53	0,78
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	18,8	16,4	15,9	17,0	18,3	17,6	16,1	16,9	18,5
		Zaregulována replota přív. vzduchu [-]	18,8	16,5	16,5	17,0	18,3	17,6	16,5	16,9	18,5
K 1.5.2	160,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,44	1,18	0,87	0,53	0,31	0,28	0,55	0,98	1,36
		Tepelné ztráty [kW]	1,26	0,98	0,71	0,46	0,26	0,24	0,45	0,80	1,15
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,26	0,98	0,71	0,46	0,26	0,24	0,45	0,80	1,15
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	20,8	17,9	16,7	17,6	18,8	18,3	16,9	18,6	20,4
K 1.5.3	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,19	1,06	0,83	0,44	0,22	0,21	0,51	0,86	1,13
		Tepelné ztráty [kW]	1,02	0,89	0,67	0,35	0,16	0,15	0,40	0,70	0,95
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,02	0,89	0,67	0,35	0,16	0,15	0,40	0,70	0,95
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,8	21,8	20,1	17,8	17,9	17,5	18,4	21,2	22,6
K 1.5.4	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,19	1,06	0,83	0,44	0,22	0,21	0,51	0,86	1,13
		Tepelné ztráty [kW]	1,18	1,01	0,73	0,38	0,19	0,17	0,45	0,81	1,09
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,18	1,01	0,73	0,38	0,19	0,17	0,45	0,81	1,09
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	26,6	24,6	21,7	18,6	18,6	18,2	19,8	23,8	26,1
K 1.5.5	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,19	1,06	0,83	0,44	0,22	0,21	0,51	0,86	1,13
		Tepelné ztráty [kW]	0,99	0,87	0,64	0,33	0,15	0,14	0,38	0,68	0,92
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	0,99	0,87	0,64	0,33	0,15	0,14	0,38	0,68	0,92
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	22,0	21,1	19,5	17,4	17,7	17,3	18,0	20,6	21,9
K 1.5.6	160,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,59	1,42	1,10	0,59	0,29	0,27	0,68	1,15	1,50
		Tepelné ztráty [kW]	1,41	1,19	0,88	0,50	0,26	0,24	0,52	0,95	1,30
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,41	1,19	0,88	0,50	0,26	0,24	0,52	0,95	1,30
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	23,7	21,7	19,9	18,4	18,9	18,3	18,3	21,5	23,3
K 1.6.1	140,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,39	1,24	0,96	0,51	0,25	0,24	0,59	1,00	1,32
		Tepelné ztráty [kW]	1,52	1,18	0,84	0,56	0,33	0,31	0,55	0,97	1,39
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,39	1,18	0,84	0,51	0,25	0,24	0,55	0,97	1,32
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	27,0	24,6	21,5	20,0	19,4	19,0	20,3	24,3	27,1
K 1.6.2	180,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,62	1,33	0,98	0,59	0,35	0,32	0,62	1,10	1,53
		Tepelné ztráty [kW]	1,85	1,39	1,06	0,77	0,49	0,46	0,74	1,16	1,68
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,62	1,33	0,98	0,59	0,35	0,32	0,62	1,10	1,53
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	24,2	21,6	19,8	18,9	19,8	19,2	18,8	22,0	24,5
K 1.7.1	120,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,19	1,06	0,83	0,44	0,22	0,21	0,51	0,86	1,13
		Tepelné ztráty [kW]	1,73	1,37	0,99	0,64	0,39	0,36	0,63	1,10	1,58
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,19	1,06	0,83	0,44	0,22	0,21	0,51	0,86	1,13
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	27,0	25,9	24,1	20,0	19,4	19,0	21,3	25,1	27,1
K 1.7.2	140,0	Tepelný výkon TČ [kW]	1,39	1,24	0,96	0,51	0,25	0,24	0,59	1,00	1,32
		Tepelné ztráty [kW]	2,27	1,87	1,37	0,83	0,49	0,45	0,86	1,52	2,09
		Zaregulovaný výkon TČ [kW]	1,39	1,24	0,96	0,51	0,25	0,24	0,59	1,00	1,32
		Teplota přív. Vzduchu [°C]	27,0	25,9	24,1	20,0	19,4	19,0	21,3	25,1	27,1
Celkem:	3660,0	Minimální teplota vzduchu [°C]	18,2	16,5	16,5	16,5	17,6	17,2	16,5	16,9	17,9
		Celková průměrná ztráta [kW]	34,38	28,51	21,04	12,25	6,45	5,92	12,96	22,87	31,71
		Celkový průměrný výkon TČ [kW]	25,52	20,77	15,92	9,07	4,39	4,06	9,67	16,10	23,08
		Celkový průměrný výkon biv. zdroje [kW]	8,86	7,73	5,12	3,19	2,06	1,87	3,29	6,76	8,62

Příloha XII. Výkaz výměr VZT

Číslo zakázky:		Bytový dům Platan						
1.01								
Řádek:	Pozice:	Dodávatel:	Označení položky:	Popis položky:	Měrná jednotka:	Množství:		
REKUPERAČNÍ JEDNOTKA								
-	-	ATREA	ROTO-N 5000	Větrací jednotka s rotačním výměníkem, vč. elektrického dohřevu, manostaty kontroly zanesení filtrů	ks	1		
-	-	ATREA	MANŽETA	Dilatační spoj, manžeta 630x630	ks	2		
DISTRIBUČNÍ PRVKY								
-	-	CLIMECON	CLIK 100	Stěnový difuzor pro přívod vzduchu	ks	19		
-	-	CLIMECON	FINO 125	Stěnový difuzor pro přívod vzduchu	ks	2		
-	-	CLIMECON	FINO 160	Stěnový difuzor pro přívod vzduchu	ks	20		
-	-	HALTON	AWE-500-50 (PN)	Vyústka se dvěmařadami lamel, druhá řada nastavitelná 500x50, RAL 9010 (PN)	ks	18		
-	-	CLIMECON	RINO 100	Přívodní stropní ventil	ks	19		
-	-	CLIMECON	RINO 160	Přívodní stropní ventil	ks	8		
-	-	CLIMECON	RINOi 160	Odvodní stropní ventil	ks	10		
-	-	CLIMECON	VIP 100	Odvodní lalíkový ventil	ks	39		
REGULAČNÍ KLAPKY								
-	-	HALTON	PRA 100	Regulační klapka do kruhového potrubí s možností plného otevření	ks	5		
-	-	HALTON	PRA 125	Regulační klapka do kruhového potrubí s možností plného otevření	ks	44		
-	-	MANDÍK	RKKTМ Ø100	Regulační klapka těsná vč. servopohonu BELIMO - polohová regulace 24V + signalizace polohy	ks	1		
-	-	MANDÍK	RKKTМ Ø125	Regulační klapka těsná vč. servopohonu BELIMO - polohová regulace 24V + signalizace polohy	ks	1		
-	-	MANDÍK	RKKTМ Ø160	Regulační klapka těsná vč. servopohonu BELIMO - polohová regulace 24V + signalizace polohy	ks	1		
TLUMIČE HLUKU / PŘESLECHU								
-	-	LINDAB	LRCB-100-500	Tlumič hluku s nízkou instalační výškou	ks	71		
-	-	LINDAB	LRCB-125-500	Tlumič hluku s nízkou instalační výškou	ks	56		
-	-	STAVOKLIMA	JTH 250/500/1000	Jádrový tlumič hluku pro osazení do vzduchotechnického potrubí. Jádra tlumiče hluku z pozinkovaného plechu s náběhy.	ks	2		
-	-	STAVOKLIMA	JTH 250/500/1500	Jádrový tlumič hluku pro osazení do vzduchotechnického potrubí. Jádra tlumiče hluku z pozinkovaného plechu s náběhy.	ks	2		
KRUHOVÉ POTRUBNÍ ROZVODY								
-	-	LINDAB	SR-100-3000 mm	Trouba Ø100 - Zaklikávací systém SAFE spojovaný bez použití samořezných šroubů. Třída těsnosti "D"	bm	100		
-	-	LINDAB	SR-125-3000 mm	Trouba Ø125 - Zaklikávací systém SAFE spojovaný bez použití samořezných šroubů. Třída těsnosti "D"	bm	225		
-	-	LINDAB	SR-160-3000 mm	Trouba Ø160 - Zaklikávací systém SAFE spojovaný bez použití samořezných šroubů. Třída těsnosti "D"	bm	20		
-	-	LINDAB	SR-280-3000 mm	Trouba Ø280 - Zaklikávací systém SAFE spojovaný bez použití samořezných šroubů. Třída těsnosti "D"	bm	23		
-	-	LINDAB	SR-315-3000 mm	Trouba Ø315 - Zaklikávací systém SAFE spojovaný bez použití samořezných šroubů. Třída těsnosti "D"	bm	57		
-	-	LINDAB	SR-355-3000 mm	Trouba Ø355 - Zaklikávací systém SAFE spojovaný bez použití samořezných šroubů. Třída těsnosti "D"	bm	7		
-	-	LINDAB	SR-400-3000 mm	Trouba Ø400 - Zaklikávací systém SAFE spojovaný bez použití samořezných šroubů. Třída těsnosti "D"	bm	26		
-	-	LINDAB	SR-450-3000 mm	Trouba Ø450 - Zaklikávací systém SAFE spojovaný bez použití samořezných šroubů. Třída těsnosti "D"	bm	3		
-	-	LINDAB	BU-100-30	Lisovaný a švové svařovaný oblouk Ø100 úhel 30°	ks	2		
-	-	LINDAB	BU-100-45	Lisovaný a švové svařovaný oblouk Ø100 úhel 45°	ks	48		
-	-	LINDAB	BU-100-90	Lisovaný a švové svařovaný oblouk Ø100 úhel 90°	ks	51		
-	-	LINDAB	BU-125-15	Lisovaný a švové svařovaný oblouk Ø125 úhel 15°	ks	10		
-	-	LINDAB	BU-125-45	Lisovaný a švové svařovaný oblouk Ø125 úhel 45°	ks	3		
-	-	LINDAB	BU-125-90	Lisovaný a švové svařovaný oblouk Ø125 úhel 90°	ks	91		
-	-	LINDAB	BU-160-30	Lisovaný a švové svařovaný oblouk Ø160 úhel 30°	ks	2		
-	-	LINDAB	BU-160-45	Lisovaný a švové svařovaný oblouk Ø160 úhel 45°	ks	1		
-	-	LINDAB	BFU-280-30	Oblouk v segmentovém provedení Ø280 úhel 90°	ks	2		
-	-	LINDAB	BFU-280-45	Oblouk v segmentovém provedení Ø280 úhel 90°	ks	3		
-	-	LINDAB	BFU-280-90	Oblouk v segmentovém provedení Ø280 úhel 90°	ks	10		
-	-	LINDAB	BFU-315-45	Oblouk v segmentovém provedení Ø315 úhel 90°	ks	4		
-	-	LINDAB	BFU-315-90	Oblouk v segmentovém provedení Ø315 úhel 90°	ks	2		
-	-	LINDAB	BFU-355-45	Oblouk v segmentovém provedení Ø355 úhel 90°	ks	1		
-	-	LINDAB	BFU-400-30	Oblouk v segmentovém provedení Ø400 úhel 90°	ks	2		
-	-	LINDAB	BFU-400-45	Oblouk v segmentovém provedení Ø400 úhel 90°	ks	1		
-	-	LINDAB	BFU-400-90	Oblouk v segmentovém provedení Ø400 úhel 90°	ks	2		
-	-	LINDAB	BFU-450-30	Oblouk v segmentovém provedení Ø400 úhel 90°	ks	2		
-	-	LINDAB	BKU-100-90	Lisovaný a švové svařovaný oblouk s krátkou instalační délkou s těsněním Ø100 mm 90°	ks	4		
-	-	LINDAB	BKU-125-90	Lisovaný a švové svařovaný oblouk s krátkou instalační délkou s těsněním Ø125 mm 90°	ks	5		
-	-	LINDAB	BKMU-100-90	Lisovaný a švové svařovaný oblouk s krátkou instalační délkou jeden konec s těsněním druhý konec s vnější spojkou. Ø100 mm 90°	ks	60		
-	-	LINDAB	BKMU-160-90	Lisovaný a švové svařovaný oblouk s krátkou instalační délkou jeden konec s těsněním druhý konec s vnější spojkou. Ø160 mm 90°	ks	21		
-	-	LINDAB	RCFU-125-100	Lisovaná, centrická redukce s vnější spojkou a krátkou instalační délkou s nízkým poklesem tlaku a nízkým hlukem. Nasazuje se vně na tvarovku Ø125, redukce na Ø100	ks	4		
-	-	LINDAB	RCFU-160-100	Lisovaná, centrická redukce s vnější spojkou a krátkou instalační délkou s nízkým poklesem tlaku a nízkým hlukem. Nasazuje se vně na tvarovku Ø160, redukce na Ø100	ks	4		
-	-	LINDAB	RCFU-160-125	Lisovaná, centrická redukce s vnější spojkou a krátkou instalační délkou s nízkým poklesem tlaku a nízkým hlukem. Nasazuje se vně na tvarovku Ø160, redukce na Ø125	ks	53		
-	-	LINDAB	RCFU-355-315	Lisovaná, centrická redukce s vnější spojkou a krátkou instalační délkou s nízkým poklesem tlaku a nízkým hlukem. Nasazuje se vně na tvarovku Ø355, redukce na Ø315	ks	1		
-	-	LINDAB	RCFU-355-280	Lisovaná, centrická redukce s vnější spojkou a krátkou instalační délkou s nízkým poklesem tlaku a nízkým hlukem. Nasazuje se vně na tvarovku Ø355, redukce na Ø280	ks	1		
-	-	LINDAB	RCFU-400-280	Lisovaná, centrická redukce s vnější spojkou a krátkou instalační délkou s nízkým poklesem tlaku a nízkým hlukem. Nasazuje se vně na tvarovku Ø400, redukce na Ø280	ks	3		

-	-	LINDAB	RCFU-400-315	Lisovaná, centrická redukce s vnější spojkou a krátkou instalační délkou s nízkým poklesem tlaku a nízkým hlukem. Nasazuje se vně na tvarovku Ø400, redukce na Ø315	ks	1
-	-	LINDAB	RCFU-450-400	Lisovaná, centrická redukce s vnější spojkou a krátkou instalační délkou s nízkým poklesem tlaku a nízkým hlukem. Nasazuje se vně na tvarovku Ø450, redukce na Ø400	ks	2
-	-	LINDAB	RCFU-600-450	Lisovaná, centrická redukce s vnější spojkou a krátkou instalační délkou s nízkým poklesem tlaku a nízkým hlukem. Nasazuje se vně na tvarovku Ø600, redukce na Ø450	ks	2
-	-	LINDAB	TCPU-100-100	Lisovaný T-kus Ø100, odbočka Ø100	ks	7
-	-	LINDAB	TCPU-125-100	Lisovaný T-kus Ø125, odbočka Ø100	ks	17
-	-	LINDAB	TCPU-160-100	Lisovaný T-kus Ø160, odbočka Ø100	ks	8
-	-	LINDAB	TCPU-280-100	Lisovaný T-kus Ø280, odbočka Ø100	ks	2
-	-	LINDAB	TCPU-280-125	Lisovaný T-kus Ø280, odbočka Ø125	ks	39
-	-	LINDAB	TCPU-280-160	Lisovaný T-kus Ø280, odbočka Ø160	ks	9
-	-	LINDAB	TCPU-315-100	Lisovaný T-kus Ø315, odbočka Ø100	ks	1
-	-	LINDAB	TCPU-315-125	Lisovaný T-kus Ø315, odbočka Ø125	ks	1
-	-	LINDAB	TCPU-315-160	Lisovaný T-kus Ø315, odbočka Ø160	ks	10
-	-	LINDAB	TCPMU-100-100	TCPMU, Lisovaný T-kus Ø100, odbočka Ø100	ks	3
-	-	LINDAB	TCPMU-160-125	TCPMU, Lisovaný T-kus Ø160, odbočka Ø125	ks	8
-	-	LINDAB	TVU45-100-100	Lisovaný šikmý T-kus 45° Ø100, odbočka Ø100	ks	1
-	-	LINDAB	TVU45-125-100	Lisovaný šikmý T-kus 45° Ø125, odbočka Ø100	ks	19
-	-	LINDAB	TVU45-160-125	Lisovaný šikmý T-kus 45° Ø160, odbočka Ø125	ks	2
-	-	LINDAB	TVU45-355-280	Lisovaný šikmý T-kus 45° Ø355, odbočka Ø280	ks	1
-	-	LINDAB	TVU45-400-280	Lisovaný šikmý T-kus 45° Ø400, odbočka Ø280	ks	3
-	-	LINDAB	TVU45-450-280	Lisovaný šikmý T-kus 45° Ø450, odbočka Ø280	ks	2
-	-	LINDAB	TVU45-600-355	Lisovaný šikmý T-kus 45° Ø600, odbočka Ø355	ks	1
-	-	LINDAB	TVU45-600-400	Lisovaný šikmý T-kus 45° Ø600, odbočka Ø400	ks	1
-	-	LINDAB	YVU45-100-100	Lisovaný centrický šikmý Y-kus 45° Ø100, odbočka Ø100	ks	4
-	-	LINDAB	YVU45-125-100	Lisovaný centrický šikmý Y-kus 45° Ø125, odbočka Ø100	ks	5
-	-	LINDAB	XCPU-160-100	Lisovaný centrický X-kus Ø160, odbočka Ø100	ks	1
-	-	LINDAB	KRIZ-100-100	Speciální tvarovka - křížení Ø100	ks	3
-	-	LINDAB	KRIZ-125-125	Speciální tvarovka - křížení Ø125	ks	14
-	-	LINDAB	KRIZ-160-160	Speciální tvarovka - křížení Ø160	ks	7
-	-	D-KLIMA	UNIVERSALNÍ BOX	Speciální box na mřížku AWE 500x50 mm	ks	18
-	-	LINDAB	MF-100	Spojka vnější pro spojování tvarovek Ø100	ks	68
-	-	LINDAB	MF-125	Spojka vnější pro spojování tvarovek Ø125	ks	98
-	-	LINDAB	MF-160	Spojka vnější pro spojování tvarovek Ø160	ks	3
-	-	LINDAB	MF-315	Spojka vnější pro spojování tvarovek Ø315	ks	1
-	-	LINDAB	MF-400	Spojka vnější pro spojování tvarovek Ø400	ks	1
-	-	LINDAB	MF-450	Spojka vnější pro spojování tvarovek Ø450	ks	1
-	-	LINDAB	EPF-O-315	Koncové víko, nasunutí vně Sařových tvarovek Ø315 s odvodněním	ks	2
-	-	LINDAB	EPF-O-280	Koncové víko, nasunutí vně Sařových tvarovek Ø280 s odvodněním	ks	10
-	-	LINDAB	IPLR-100-125	Servisní otvor pro zaoblenou stranu kruhového potrubí Ø100 - Ø125. Těsnění z neoprenové pěny.	ks	11
-	-	LINDAB	IPLR-160	Servisní otvor pro zaoblenou stranu kruhového potrubí Ø160. Těsnění z neoprenové pěny.	ks	9
-	-	LINDAB	IPLR-200	Servisní otvor pro zaoblenou stranu kruhového potrubí Ø200. Těsnění z neoprenové pěny.	ks	1
ČTYŘHRANNÉ POTRUBNÍ ROZVODY						
-	-	LINDAB	TROUBA	Trouba 600x500 mm, příruba P20, tl. plechu 0.6 mm, prolis Zet	m	3
-	-	LINDAB	OBLOUK	Oblouk 600x500-600x500/R150 mm, příruba P20, tl. plechu 0.6 mm, prolis Zet	ks	2
-	-	LINDAB	PŘECHOD	Přechod hranatě-hranatě 630x630-600-500/350, příruba P20, tl. plechu 0.8 mm, prolis Zet	ks	2
-	-	LINDAB	PŘECHOD	Přechod hranatě-kruhové 600x500-Ø600/300, příruba P20, tl. plechu 0.8 mm, prolis Zet	ks	2
-	-	LINDAB	PŘECHOD	Přechod hranatě-kruhové 600x500-Ø600/300, příruba P20, tl. plechu 0.8 mm, prolis Zet	ks	2
IZOLACE						
-	-	ISOVER	Orstech LSP 40 50 mm	Orstech LSP 40, Lamelový skruzožvateľný pás z kamenné vlny, nosný podklad z hliníkové fólie rozsah použití: -50°C až +100°C Tloušťka izolační vrstvy 50 mm	m2	101