



Společnost pro techniku prostředí

**KONTROLA KLIMATIZAČNÍCH SYSTÉMŮ
KONTROLA KOTLŮ A ROZVODŮ
TEPELNÉ ENERGIE**



METODICKÉ POKYNY 2014

Kontrola klimatizačních systémů

Kontrola kotlů a rozvodů tepelné energie

Metodické pokyny

2014

Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných energií pro rok 2014 – část A – Program EFEKT.



Název publikace	Kontrola klimatizačních systémů. Kontrola kotlů a rozvodů tepelné energie
Autoři	Ing. Miloš Lain, Ph.D., Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.
Odborný garant	Ing. Miloš Lain, Ph.D.
Vydal	Společnost pro techniku prostředí, Novotného lávka 5, Praha 1 (ČSVTS)
Rok vydání	2014, 1. vydání, vazba brožovaná
ISBN	978-80-02-02576-4

Tato publikace vznikla jako podklad pro kontroly klimatizačních systémů a kotlů a rozvodů tepelné energie zpracované dle zákona č. 406/2000 sb., vyhlášky č. 193/2013 Sb a vyhlášky 194/2013 Sb. Metodika podává základní doporučení jak postupovat při kontrolách i vybrané teoretické podklady.

Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2014 – část A – Program EFEKT.

V publikaci jsou prezentovány i některé výsledky vzniklé za podpory Evropské unie, projektu OP VaVpI č. CZ.1.05/2.1.00/03.0091 – Univerzitní centrum energeticky efektivních budov a výzkumu zpracovaného v rámci výzkumného záměru MŠM 6840770011.

Na jednotlivých částech publikace se podíleli následující autoři:

Ing. Miloš Lain, Ph.D. Úvod
Kontrola klimatizačních systémů - Metodické pokyny
kapitoly 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9.

Prof. Ing. František Drkal, CSc .. kapitola 5.

Ing. Jiří Frýba kapitola 10.

Ing. Roman Vavříčka, Ph.D. Kontrola kotlů a rozvodů tepelné energie - Metodické pokyny.

Obsah publikace:

Kontrola klimatizačních systémů - Metodické pokyny

1.	Úvod	8
2.	Kdy provádět kontroly klimatizačních systémů	8
2.1	Četnost kontrol klimatizačních systémů	10
3.	Postup kontroly	11
3.1	Hodnocení dokumentace a dokladů klimatizačního systému	11
3.2	Vizuální prohlídka a kontrola provozuschopnosti zařízení klimatizačního systému	13
3.3	Zpráva o kontrole klimatizačního systému	14
4.	Vlastní kontrola	15
4.1	Část A - Identifikační údaje budovy a klimatizačního systému	15
4.2	Část B - Podrobný popis budovy a klimatizačního systému	16
4.3	Část C – Kontrola klimatizačního systému/systémů	25
5.	Klimatizační systémy	33
5.1	Třídění klimatizačních systémů	34
5.2	Charakteristické vlastnosti klimatizačních systémů	34
5.3	Vzduchový jednokanálový systém, jednozónový	35
5.4	Vzduchový jednokanálový systém s proměnným průtokem vzduchu, vícezónový	37
5.5	Vzduchový vícezónový systém dvoukanálový	37
5.6	Vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory	38
5.7	Kombinovaný klimatizační systém vzduch-voda s indukčními jednotkami	39
5.8	Chladivové systémy	40
5.9	Chladicí stropy	42
6.	Zdroje chladu pro klimatizační zařízení	45
6.1	Chladivový oběh a chladiva	45
6.2	Chladicí faktor	49
6.3	Vodou chlazené kondenzátory	50
6.4	Vzduchem chlazené kondenzátory	52
6.5	Adiabatické chlazení kondenzátorů	53
6.6	Regulace zdrojů chladu	54

7.	Zpětné získávání tepla	54
8.	Ventilátory	55
9.	Optimalizace klimatizačního systému budovy	58
9.1	Optimalizace průtoku vzduchu	58
9.2	Využití celé oblasti tepelné pohody	59
9.3	Minimalizace tepelných zisků	59
9.4	Snížení tlakových ztrát	60
9.5	Zpětné získávání tepla	61
9.6	Chladicí faktor zdroje chladu a odvod kondenzačního tepla	61
10.	Výběr a kategorizace nejčastějších zdrojů a typů rizik závad a poruch klimatizačních systémů	63
11.	Literatura	71

Kontrola kotlů a rozvodů tepelné energie - Metodické pokyny

1.	Požadavky zákona č. 318/2012 Sb. o hospodaření s energií	73
2.	Požadavky vyhlášky č. 194/2013 Sb. o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie	77
3.	Rozdělení zdrojů tepla	79
4.	Druhy paliv, proces spalování a potřeba spalovacího vzduchu	82
5.	Energetická bilance zdroje tepla	84
6.	Rozvody tepelné energie	89
7.	Požadavky vyhlášky č. 193/2007 Sb.	94
8.	Stanovení účinnosti rozvodů tepelné energie	98
9.	Tepelné zisky od neizolovaných potrubí	99
10.	Návrh energeticky efektivní tloušťky tepelné izolace	102
11.	Provozní metody zjišťování tepelných ztrát a zisků	108
12.	Literatura	112

Úvod:

Kontroly klimatizačních systémů a kotlů jsou součástí akčního plánu Evropské unie ke klimatickým změnám – 20 % snížení spotřeby primární energie, 20 % snížení emisí CO₂ a 20 % podílu obnovitelné energie. Součástí snižování spotřeby primární energie je EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), která řeší snižování spotřeby energie budov. Snižování spotřeby energie budov má dva základní směry. Prvním směrem je energetické hodnocení budov a snaha o to, aby nové a rekonstruované budovy měly co nejnižší spotřebu energie. Druhým směrem jsou právě kontroly kotlů a zdrojů tepelné energie a kontroly klimatizačních systémů, které by měly vést k hospodárnějšímu provozu těchto zařízení, významně se podílejících na spotřebě energie.

První směrnice Evropské unie zabývající se touto problematikou je směrnice č. 2002/91/ES o energetické náročnosti budov, ve které jsou kontroly kotlů a klimatizací uvedeny. Na základě této směrnice vznikl zákon 177/2006 Sb. ze dne 29. března 2006, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů a byla zavedena povinnost kontroly kotlů a klimatizačních systémů. V návaznosti na tento zákon vyšla i vyhláška 277/2007 Sb. ze dne 19. října 2007 o kontrole klimatizačních systémů a vyhláška 276/2007 Sb. o kontrole účinnosti kotlů.

Na novou směrnici Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov navázal zákon 318/2012 Sb. ze dne 19. července 2012, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, také ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon je aktuálním právním předpisem, ze kterého vychází kontroly kotlů a klimatizačních systémů spolu s vyhláškami: Vyhláška 118/2013 Sb. (9.5) o energetických specialistech, vyhláška 193/2013 Sb. (28.6) o kontrole klimatizačních systémů, vyhláška 194/2013 Sb. (28.6) o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie.

Tato metodika vychází především z těchto legislativních dokumentů a doplňuje a upřesňuje postup při kontrolách.

Kontrola klimatizačních systémů

Metodické pokyny

Ing. Miloš Lain, Ph.D.

Praha, listopad 2014

Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných energií pro rok 2014 – část A – Program EFEKT.



1. Úvod

Jak již bylo uvedeno v úvodu, vycházejí kontroly klimatizačních systémů z akčního plánu Evropské unie ke klimatickým změnám. Základními legislativními dokumenty, které jsou podkladem pro kontroly klimatizačních systémů, jsou zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů (především zákona 318/2012 Sb.) a vyhláška 193/2013 Sb. o kontrole klimatizačních systémů, ze které tyto metodiky vychází (*texty z vyhlášky a zákona budou v metodice označeny takto kurzívou*). Z této vyhlášky jsou převzaty i tabulky v kapitolách 2, 3, 4 (včetně grafického zpracování a většinou i nadpisů). Dalším zdrojem, ze kterého bylo čerpáno při přípravě této publikace, jsou teoretické texty v publikaci „Metodika kontroly klimatizačních systémů“, zpracované v roce 2010.

2. Kdy provádět kontroly klimatizačních systémů

Základní požadavek na provádění kontrol klimatizačních systémů je dán zákonem 406/2000 Sb. (dále jen zákon), kde je v § 6a, odstavec 2, řečeno:

U provozovaných klimatizačních systémů se jmenovitým chladicím výkonem vyšším než 12 kW je jeho vlastník nebo společenství vlastníků jednotek povinen a) zajistit pravidelnou kontrolu tohoto klimatizačního systému, jejímž výsledkem je písemná zpráva o kontrole klimatizačního systému.

V odstavci 4 je uvedeno i to, že: *Povinnost podle odstavců 1 a 2 se nevztahuje na kotle a vnitřní rozvody tepelné energie a klimatizační systémy, umístěné v rodinných domech, bytech a stavbách pro rodinnou rekreaci - s výjimkou případů, kdy jsou provozovány výhradně pro podnikatelskou činnost.*

Stejný zákon v § 2 definuje, že pro účely tohoto zákona se rozumí:

h) klimatizačním systémem zařízení pro úpravu teploty, vlhkosti, čistoty a proudění vzduchu ve vnitřním prostředí včetně zařízení pro distribuci tepla, chladu a vzduchu, která jsou součástí budovy,

l) jmenovitým chladicím výkonem klimatizačního systému jmenovitý příkon pohonu zdroje chladu udaný výrobcem.

Vyhláška 193/2013 Sb. (dále jen vyhláška) v § 2 dále doplňuje *rozsah kontroly klimatizačních systémů (1). Kontrola klimatizačního systému se vztahuje na klimatizační systém, který upravuje vnitřní prostředí pro užívání osob. (2) Každý klimatizační systém se posuzuje samostatně bez ohledu na počet ostatních klimatizačních systémů, které jsou součástí budovy.*

Takže tyto paragrafy lze shrnout: **Kontroly klimatizačních systémů je vlastník povinen zajistit u klimatizačních systémů s příkonem pohonu zdroje chladu větším než 12 kW, které upravují vnitřní prostředí pro užívání osob. Každý klimatizační systém se posuzuje samostatně a nekontrolují se klimatizační systémy v rodinných domech, bytech a budovách pro rodinnou rekreaci.**

První nejasnosti mohou nastat již u definice toho, co je klimatizační systém a co už není. Je třeba vycházet nejen z doslovné definice, ale i z obecného technického přístupu a směřování legislativy. Jak je uvedeno v kapitole Klimatizační systémy, rozlišujeme klimatizaci úplnou, která má všechny funkce uvedené v definici a upravuje jak teplotu, tak vlhkost a čistotu a

proudění vzduchu ve vnitřním prostředí. Dále je klimatizace dílčí, která zajišťuje úpravu jen některých parametrů, ale rozhodující je funkce chlazení. **Za klimatizační systém by měl být tedy považován každý systém upravující vnitřní prostředí, který má funkci chlazení.**

Definice jmenovitého chladicího výkonu klimatizačního systému jako jmenovitého příkonu pohonu zdroje chladu udaného výrobcem není technicky správná, ale je třeba podle ní postupovat. Pro kontroly je tedy rozhodující jmenovitý příkon zdroje chladu vyšší než 12 kW.

Kontroly se provádějí pouze pro systémy upravující vnitřní prostředí pro užívání osob. Není tedy třeba kontrolovat systémy sloužící pro technologické účely (např. čisté prostory, laboratoře, chladné provozy apod.).

Každý klimatizační systém se kontroluje samostatně. Takže: je-li v jednom objektu více samostatných klimatizačních zařízení, kontrolují se jenom ta, u kterých je příkon zdroje chladu větší než 12 kW. Výjimkou jsou případy, kdy je více menších zdrojů propojeno dohromady do jednoho klimatizačního systému. V takovém případě je třeba pohlížet na všechny propojené zdroje jako na jeden zdroj. Tyto případy mohou nastávat například u rozsáhlých chladivových VRV systémů.

Opačné případy, kdy jeden větší zdroj chladu slouží pro více klimatizačních systémů, jsou poměrně časté. V takovém případě zdroje s větším příkonem než 12 kW je třeba kontrolu provést jak pro vlastní zdroj chladu, tak pro všechny napojené klimatizační systémy, splňující výše uvedené požadavky. Vzhledem k tomu, že se kontroly provádějí pouze pro systémy upravující vnitřní prostředí pro tepelnou pohodu osob, není třeba kontrolovat systémy sloužící pro technologické účely.

V případě, že zdroj chladu o příkonu větším než 12 kW slouží převážně pro technologické klimatizační systémy a je na něj napojeno i malé klimatizační zařízení pro potřebu osob s chladicím výkonem menším než 12 kW, není třeba kontrolu pro zdroj ani pro klimatizační zařízení provádět.

Příklad 1: Ve výrobním podniku je zdroj chladu o příkonu 100 kW určen pro klimatizační systém upravující vnitřní prostředí výroby léků, na rozvod chladné vody je napojena i kancelář s ventilátorovým konvektorem (FanCoil) o výkonu 3 kW. Tento zdroj chladu a s ním související klimatizační systém není nutné kontrolovat, protože klimatizační systém slouží pro technologické účely a ne potřeby osob a jedno zařízení napojené na tento systém a sloužící pro potřebu osob má výkon menší než 12 kW.

Příklad 2: Na druhý zdroj chladu téhož podniku o jmenovitém příkonu též 100 kW je napojena klimatizace jak výrobních prostor, kde vyžaduje chlazení technologie, tak dvou pater kanceláří s celkovým chladicím výkonem 80 kW. V tomto případě je třeba provést kontrolu zdroje a rozvodů chladu a klimatizačního systému kanceláří. Klimatizační systém výrobních prostor není třeba kontrolovat.

Příklad 3: V bance je celkem instalováno 100 kusů split chladivových jednotek, každá se jmenovitým příkonem zdroje 5 kW. V takovém případě není nutné kontrolu provádět, protože každý zdroj chladu se posuzuje samostatně a jeho příkon je menší než 12 kW.

Příklad 4: V administrativní budově je vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory a zdroj chladu s příkonem 500 kW. V takové budově je třeba provést kontrolu klimatizačního systému.

Příklad 5: V multifunkčním domě jsou 3 patra klimatizovaných kanceláří, 3 patra klimatizovaných bytů a příkon zdroje chladu je 300 kW. V takovém případě je třeba provést kontrolu zdroje chladu rozvodů a klimatizace kanceláří, klimatizace v bytech není třeba kontrolovat.

U některých klimatizačních systémů může vzniknout i otázka, co všechno je součástí klimatizačního systému – a co se tedy kontroluje. Pro vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory je často zajištěn nucený přívod větracího vzduchu nezávislým zařízením. I když není přívod vzduchu propojen s ventilátorovými konvektory, je třeba pohlížet na zdroj chladu, rozvody chladné vody, ventilátorové konvektory, vzduchotechnickou jednotku, rozvody a distribuci vzduchu jako na jeden klimatizační systém, zajišťující vnitřní prostředí. Proto jsou kontrolovány i vzduchotechnická jednotka a rozvody větracího vzduchu. A to i v tom případě, že v jednotce není chladič. Na druhé straně samostatné ventilátory pro odvod vzduchu z WC se již do kontroly zahrnovat nemusí.

2.1 Četnost kontrol klimatizačních systémů

Četnost kontrol je dána přílohou č. 2 vyhlášky:

Četnost provádění kontrol klimatizačních systémů

Jmenovitý chladicí výkon	První kontrola po uvedení systému do provozu	Další kontrola	
		systém je trvale monitorován*	systém není trvale monitorován*
	(roky)	(roky)	(roky)
Od 12 kW do 100 kW	10	10	10
Nad 100 kW	4	10	4

***Poznámka:** za trvalý monitoring je považováno elektronické monitorování klimatizačního systému, kdy jsou především hodnoty spotřeby energie a parametry teploty vnitřního vzduchu a průtoku přiváděného a oběhového vzduchu průběžně elektronicky předávány řídicímu systému klimatizačního systému, který je vyhodnocuje a na jejich základě upravuje provoz klimatizačního systému.

Základní četnost kontrol je pro malé systémy se jmenovitým chladicím výkonem (příkonem zdroje chladu) do 100 kW 10 let. U větších systémů je třeba provést první kontrolu do 4 let, stejně jako kontrolu následující, není-li systém trvale monitorován.

V příloze vyhlášky je v poznámce uvedena i definice trvalého monitorování. Důležitá je zmínka o potřebě monitorování spotřeby energie a vnitřních teplot. Za trvale monitorované lze tedy považovat systémy, u kterých je měřena spotřeba energie a vnitřní teploty. Základem je měření spotřeby el. energie zdroje chladu, vhodné je i měření spotřeby čerpadel, ventilátorů a zvlhčovačů, stejně jako spotřeby tepla a vody. Tyto hodnoty by měly být archivovány a při kontrole k dispozici minimálně v souhrnu za jednotlivé měsíce optimálně v 15 minutových intervalech.

3. Postup kontroly

Dle vyhlášky kontrola klimatizačního systému zahrnuje

- a) *hodnocení dokumentace a dokladů klimatizačního systému,*
- b) *vizuální prohlídku a kontrolu provozuschopnosti přístupných zařízení klimatizačního systému,*
- c) *hodnocení údržby klimatizačního systému,*
- d) *hodnocení dimenzování klimatizačního systému v porovnání s požadavky na chlazení budovy,*
- e) *hodnocení účinnosti klimatizačního systému a*
- f) *doporučení k ekonomicky proveditelnému zlepšení stávajícího stavu klimatizačního systému.*

3.1 Hodnocení dokumentace a dokladů klimatizačního systému

Projektová dokumentace je jedním ze základních podkladů při kontrole klimatizačního systému. Projektová dokumentace slouží nejen k získání přehledu o systému větrání a klimatizace, ale je i základním podkladem pro ověření dimenzování systému a změn, které v provozu budovy a klimatizace nastaly.

Součástí projektové dokumentace klimatizačního systému by měly být:

- **Vstupní parametry pro návrh klimatizačního zařízení** - především uvažovaná teplota a vlhkost venkovního a vnitřního vzduchu, okrajové podmínky výpočtu tepelných ztrát a zisků, produkce a koncentrace škodliviny v prostoru a v neposlední řadě počty osob a uvažovaná dávka čerstvého vzduchu na osobu.
- **Výsledky tepelných bilancí**, vypočtené tepelné zisky, ztráty, průtoky vzduchu čerstvého a oběhového.
- **Navržené výkonové parametry klimatizačního zařízení:**
průtok vzduchu V [m^3/h], dopravní tlak Δp [Pa], příkon P [kW] u ventilátorů, výkon ohřivačů Q_{oh} [kW] a chladičů Q_{ch} [kW], zvlhčovačů (M_w [kg/h] popř. Q_{zvl} [kW]), navržené parametry přiváděného vzduchu pro léto a zimu.
- **Znároznění procesu úpravy vzduchu v h-x diagramy vlhkého vzduchu.**
- **Funkční schéma klimatizačního zařízení**, které zjednodušeným způsobem popisuje navržené klimatizační zařízení. Ve schématu by měly být zakresleny nejdůležitější prvky klimatizačního systému (ventilátory, výměníky tepla, klapky, filtry, distribuční prvky, atd.) vč. regulačních prvků (regulátory, čidla, snímače, aj.) a přívodů otopné a chlazené vody.
- **Půdorysy a řezy.**

Dokumentace uvedení klimatizačního systému do provozu by měla být zpracována při uvádění klimatizačního systému do provozu. Komplexními zkouškami by mělo být prokázáno, že klimatizační zařízení je schopno trvalého, bezporuchového a bezpečného provozu. Prokazuje se komplexní funkční spolehlivost větrání, ohřevu, chlazení, vlhčení atd. Rozsah, náplň a podmínky komplexního vyzkoušení však nejsou taxativně stanoveny. Mezi doporučené zkoušky patří:

- zkouška chodu a za regulování výkonových parametrů (průtoku vzduchu)
- měření a kontrola mikroklimatických parametrů
- zkouška těsnosti vzduchovodů
- zkouška funkce systému MaR
- zkouška obrazů proudění vzduchu
- zkouška přetlaku nebo podtlaku ve větraných místnostech
- zkouška zdroje chladu

Po ukončení komplexního vyzkoušení se vyhotoví dokumentace (protokol) se zhodnocením a konstatováním, že je dílo řádně provedeno, bylo dosaženo projektovaných parametrů, zařízení je funkční a je ve smyslu smlouvy připraveno k předání a převzetí.

Mezi další dokumentaci, které by měly být při kontrole klimatizačních systémů k dispozici, patří:

- Provozní předpisy výrobců zařízení, komponent a částí klimatizačního systému.
- Provozní deník nebo evidenční kniha klimatizačního systému.
- Záznamy o pravidelných kontrolách těsnosti chladicího okruhu certifikovanou osobou.
- Záznamy a doklady o měření spotřebované elektřiny, tepla nebo vody.
- Záznamy o údržbě vzduchotechnických a chladících zařízení a výměníků tepla.
- Záznamy o opravách a výměnách zařízení, částí a komponent klimatizačního systému.
- Zprávy z dřívějších kontrol klimatizačního systému.
- Doklady o kvalifikaci obsluhy klimatizačního systému.

Osoba provádějící kontrolu by tedy měla vyjádřit, zda jsou jednotlivé dokumentace k dispozici, zda jsou aktuální a úplné. Závěrem zhodnocení dokumentace je vyjádření, zda dokumentace vyhovuje, nebo zda je třeba povést konkrétní opatření k tomu, aby dokumentace vyhovovala, případně zda dokumentace nevyhovuje a proč.

Mezi nejčastější opatření bude jistě patřit doplnění dokumentace, nebo zavedení systému, který zajistí archivaci dokumentace v dalším období. Mezi typické problémy patří například absence funkčního schématu klimatizačního zařízení a zdroje chladu.

V příloze vyhlášky v části C – I je potom následující tabulka pro zhodnocení dokumentace.

I. Dokumentace a doklady klimatizačního systému

Typ dokumentace	K dispozici	Úplnost	Aktuálnost
projektová dokumentace klimatizačního systému	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
dokumentace uvedení klimatizačního systému do provozu	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
provozní předpisy výrobců zařízení, komponent a částí klimatizačního systému	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
provozní deník nebo evidenční kniha klimatizačního systému	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
záznamy o pravidelných kontrolách těsnosti chladicího okruhu certifikovanou osobou	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
záznamy a doklady o měření spotřebované elektřiny, tepla nebo vody	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
záznamy o údržbě vzduchotechnických a chladicích zařízení a výměníků tepla	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
záznamy o opravách a výměnách zařízení, částí a komponent klimatizačního systému	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
zprávy z dřívějších kontrol klimatizačního systému	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
doklady o kvalifikaci obsluhy klimatizačního systému	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne

3.2 Vizuální prohlídka a kontrola provozuschopnosti přístupných zařízení klimatizačního systému

Součástí kontroly klimatizačního systému je vizuální prohlídka a kontrola provozuschopnosti přístupných zařízení klimatizačního systému. Osoba provádějící kontrolu vizuálně zkontroluje všechna přístupná základní zařízení v klimatizačním systému. U všech zařízení se kontroluje, zda jsou v souladu s dokumentací, zda jsou řádně provozována a udržována. Nejčastější poruchy a jejich příčiny a důsledky jsou uvedeny v kapitole 11. Popis kontroly ve zprávě je uveden v kapitole 4.2.

Detailnější výklad jednotlivých kroků kontroly bude prezentován v následující kapitole na vzoru zprávy z kontroly klimatizačního systému.

3.3 Zpráva o kontrole klimatizačního systému

Ve vyhlášce je uvedeno:

- 1) *Zpráva o kontrole klimatizačního systému obsahuje*
 - a) *identifikační údaje budovy a klimatizačního systému,*
 - b) *podrobný popis budovy a klimatizačního systému,*
 - c) *hodnocení klimatizačního systému podle § 3,*
 - d) *údaje o energetickém specialistovi,*
 - e) *datum provedení kontroly a*
 - f) *ostatní údaje, kterými jsou schéma klimatizačního systému, fotodokumentace provedená při kontrole a kopie oprávnění energetického specialisty.*
- 2) *Vzor zprávy o kontrole klimatizačního systému je uveden v příloze č. 1 k této vyhlášce.*
- 3) *V případě, že se nejedná o první kontrolu provedenou podle této vyhlášky nebo první kontrolu po uvedení klimatizačního systému do provozu, může v částech zprávy o kontrole klimatizačního systému uvedených v odstavci 1 písm. a), b) nebo f), pokud v nich nedošlo od předchozí kontroly ke změně, být uveden křížek. U hodnocení dimenzování klimatizačního systému v porovnání s požadavky na chlazení budovy, které je součástí hodnocení klimatizačního systému podle odstavce 1 písm. c), není nutné hodnocení opakovat, pokud od předchozí kontroly nedošlo vlivem provedených opatření ke změně spotřeby chladu dotčené budovy. Součástí takové zprávy je předchozí zpráva o kontrole klimatizačního systému, která obsahuje vyplněné všechny části zprávy uvedené v odstavci 1.*

4. Vlastní kontrola

V následujícím textu budou podrobně popsány jednotlivé části zprávy o kontrole klimatizačního systému včetně příkladů a vysvětlení. Vycházíme ze vzoru zprávy, který je přílohou č. 1 k vyhlášce.

Na začátku každé zprávy by mělo být uvedeno zda se: *Jedná se o první kontrolu provedenou podle této vyhlášky nebo první kontrolu po uvedení klimatizačního systému do provozu.*

V případě, že se nejedná o kontrolu provedenou dle této vyhlášky nebo první kontrolu po uvedení do provozu, bylo využito ustanovení § 3 odst. 3 vyhlášky.

V případě, že se nejedná o první zprávu, se části, které se od minulé kontroly nezměnily, v nové zprávě, označí křížkem a součástí nové zprávy je i zpráva původní. Toto opatření lze využít v případě, kdy starší zpráva je kompletní a nevykazuje žádné nedostatky.

4.1 Část A - Identifikační údaje budovy a klimatizačního systému

Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, evidenční číslo, bylo-li přiděleno, PSČ):	
Datum uvedení budovy do provozu:	
Datum provedení větší změny dokončené budovy:	
- týkala se změna klimatizačního systému	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
Vlastník klimatizačního systému (Jméno, popřípadě jména, příjmení nebo název nebo obchodní firma vlastníka klimatizačního systému nebo společenství vlastníků jednotek)	
Adresa místa trvalého pobytu nebo sídlo, popřípadě adresa pro doručování	
IČO, pokud bylo přiděleno:	
Kontaktní údaje (tel./e-mail):	
Číslo klimatizačního systému	KS_01...KS_xy
Provozovatel klimatizačního systému (Jméno, popřípadě jména, příjmení nebo název nebo obchodní firma provozovatele klimatizačního systému):	
Adresa místa trvalého pobytu, popřípadě adresa pro doručování:	
IČO, pokud bylo přiděleno:	
Tel./e- mail:	

Tyto údaje identifikují kontrolovanou budovu a jejího vlastníka a nevyžadují žádné další komentáře. V zákoně je definována budova (*nadzemní stavba a její podzemní části, prostorově soustředěná a navenek převážně uzavřená obvodovými stěnami a střešní*

konstrukcí, v níž se používá energie k úpravě vnitřního prostředí). Pro kontroly klimatizačních systémů není rozhodující, zda se k členitým stavbám skládajícím se z několika částí přistupuje jako k jedné či více budovám. Důležitější je rozdělení na zóny a klimatizační systémy.

V další části zprávy jsou pro jednotlivé klimatizační systémy uvedeni jejich provozovatelé. Provozuj-li jeden provozovatel více klimatizačních systémů, není nutné údaje o provozovateli opakovat.

V této části se též poprvé objevuje číslo klimatizačního systému. Klimatizační systémy jsou číslovány dvojciferným pořadovým číslem s použitím symbolu KS před číslem. V případě rozsáhlých budov a velkého počtu systémů je možné použít jak vícemístných čísel, tak složených pozic typu KS 1.25.

4.2 Část B - Podrobný popis budovy a klimatizačního systému

První částí je podrobný popis budovy. Ten sestává z určení typu budovy, základních informací o průkazu energetické náročnosti a seznamu klimatizačních zón v budově.

a) typ budovy

<input type="checkbox"/> Rodinný dům	<input type="checkbox"/> Bytový dům	<input type="checkbox"/> Budova pro ubytování a stravování
<input type="checkbox"/> Administrativní budova	<input type="checkbox"/> Budova pro zdravotnictví	<input type="checkbox"/> Budova pro vzdělávání
<input type="checkbox"/> Budova pro sport	<input type="checkbox"/> Budova pro obchodní účely	<input type="checkbox"/> Budova pro kulturu
<input type="checkbox"/> Jiný druh budovy – popis:.....		

b) základní informace z průkazu energetické náročnosti

průkaz energetické náročnosti je vyhotoven	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne
třída energetické náročnosti chlazení		
třída energetické náročnosti větrání		
třída energetické náročnosti úpravy vlhkosti		

Tyto položky též nevyžadují bližší specifikaci. V případě víceúčelové budovy se vyplní všechny typy, které se v budově vyskytují, přičemž je vhodné zvýraznit typ převládající (s největší půdorysnou plochou). Pro rodinný dům a bytový dům není povinné kontroly klimatizačních systémů provádět.

Další velmi důležitou částí je seznam klimatizačních zón (vhodnější by bylo použití pojmu klimatizovaných zón). Jak je uvedeno v poznámce, klimatizovanou zónou se rozumí část budovy, která má podobné využití a je klimatizována jedním klimatizačním systémem. Zóny se označují písmenem Z a pořadovým číslem. Podobně jako u klimatizačních systémů lze u rozsáhlých budov použít vícemístné či složené číslo.

c) seznam jednotlivých klimatizačních zón v budově

Číslo zóny	název klimatizační zóny
Z_01	
Z_xy	

I velmi rozsáhlá budova může mít jen jednu klimatizovanou zónu. Například administrativní budova s kanceláři, kde nejsou klimatizovány pomocné prostory (chodby, vestibul) a je v ní použit vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory (fancoil) doplněný o nucené větrání, může být jednou zónou. Naopak i menší objekt, jako např. hotel s restaurací, by měl být rozdělen na dvě zóny (hotel, restaurace) v případě rozdílného využití. Pro každou klimatizovanou zónu je potom vyplněna následující tabulka, popisující její základní projektové a provozní parametry.

d) popis jednotlivých klimatizačních zón v budově

	Jednotky	Klimatizovaná zóna
Číslo klimatizované zóny	-	Z_01..Z_xy
Způsob užívání zóny (dle typu budovy)	-	
Projektové parametry klimatizovaného prostoru		
a) <u>teplota vzduchu</u>		
vnějšího v zimním provozu	(°C)	
vnějšího v letním provozu	(°C)	
ve vnitřním prostoru v zimním provozu	(°C)	
ve vnitřním prostoru v letním provozu	(°C)	
b) <u>relativní vlhkost vzduchu</u>		
vnějšího v zimním provozu	(%)	
vnějšího v letním provozu	(%)	
ve vnitřním prostoru v zimním provozu	(%)	
ve vnitřním prostoru v letním provozu	(%)	
c) <u>průtok vzduchu*</u>		
přiváděného	(m ³ /h)	
venkovního	(m ³ /h)	
oběhového	(m ³ /h)	
Větrání v budově		
druh větrání	(typ)	<input type="checkbox"/> přirozené <input type="checkbox"/> nucené <input type="checkbox"/> nucené ze zpětného získávání tepla <input type="checkbox"/> klimatizačním systémem
intenzita větrání v zóně	(1/h)	
Počet osob v zóně	(os.)	

* Poznámka: vyplňuje se pouze u vzduchového klimatizačního systému

Vhodné je i doplnění půdorysné plochy každé zóny, které ve vzoru není uvedeno. Projektové parametry jsou především vnitřní i venkovní teplota a relativní vlhkost vzduchu, uvažované v projektu pro letní a zimní návrh.

Půdorysná plocha zóny (m²)	
--	--

U vzduchových systémů se uvádí i průtok přiváděného, venkovního a oběhového vzduchu. Průtok venkovního vzduchu by se měl uvádět i u vodních, chladičových, či kombinovaných systémů, doplněných o nucený přívod čerstvého vzduchu. Intenzita větrání je definována jako podíl průtoku venkovního vzduchu přiváděného do zóny ku objemu zóny. Počet osob v zóně by měl odpovídat počtu pracovních míst ve stávajícím provozu, ale je vhodné uvést do samostatné kolonky i počet osob, který byl uvažován při projektu, a to především tehdy, je-li výrazně rozdílný.

Druhou částí části B tvoří podrobný popis klimatizačního systému. V první tabulce jsou identifikovány jednotlivé klimatizační systémy a přiřazeny k jednotlivým zónám.

b) identifikace jednotlivých zařízení klimatizačního systému

Číslo klimatizačního systému	
Druh klimatizačního systému	
<input type="checkbox"/> vzduchový klimatizační systém	<input type="checkbox"/> jednokanálový s konstantním průtokem vzduchu <input type="checkbox"/> jednokanálový s proměnným průtokem vzduchu <input type="checkbox"/> dvoukanálový <input type="checkbox"/> jiný – připojte jaký
<input type="checkbox"/> vodní klimatizační systém	<input type="checkbox"/> s ventilátorovými konvektory (fan-coil) <input type="checkbox"/> chladičí stropy <input type="checkbox"/> jiný – připojte jaký
<input type="checkbox"/> chladičový klimatizační systém	<input type="checkbox"/> připojte jaký
<input type="checkbox"/> kombinovaný klimatizační systém	<input type="checkbox"/> vzduch/vody s indukčními jednotkami <input type="checkbox"/> jiný – připojte jaký
<input type="checkbox"/> jiný klimatizační systém	<input type="checkbox"/> jiný – připojte jaký
Datum uvedení do provozu systému	
Datum poslední rekonstrukce systému	
Systém je trvale monitorován	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
jakým způsobem	

- U vzduchových klimatizačních systémů je vhodné, když je za jeden systém považována jedna klimatizační (vzduchotechnická) jednotka a s ní spojené rozvody vzduchu a zdroj chladu s rozvody.
- U vodních klimatizačních systémů lze za jeden klimatizační systém považovat zdroj chladu, rozvody chlazené vody a koncové prvky (ventilátorové konvektory nebo chladičí stropy), které tvoří v budově ucelený systém. U rozsáhlých budov je vhodné označit jako samostatné systémy jednotlivé části, napojené na samostatně regulovanou a měřenou větev rozvodu chladné vody (například jeden systém východní část budovy a druhý západní část). V případě, že je v budově více zón s různým puvozem (např. hotel, restaurace, bazén, kuchyň), je též vhodné označit zařízení pro každou zónu jako samostatný systém. Obzvláště je-li samostatně připojené na rozdělovač. Osoba provádějící kontrolu by měla odborně posoudit případy, kdy je vhodné rozdělení klimatizace v rámci kontroly na několik systémů a kdy ne. Roli hraje celková velikost budovy, případné samostatné měření či regulace jednotlivých částí. Je-li vodní klimatizační systém doplněn nuceným větráním, provede se kontrola (popis, zhodnocení) i této vzduchotechnické jednotky, rozvodů a distribuce větracího vzduchu.
- U chladivových systémů je obvyklé, aby za jeden klimatizační systém byl považován jeden venkovní díl (zdroj chladu - kondenzátorová jednotka) a s ním spojené rozvody chladu a vnitřní jednotky. Je-li chladivový klimatizační systém doplněn nuceným větráním, provede se kontrola i této vzduchotechnické jednotky, rozvodů a distribuce větracího vzduchu.
- U kombinovaných systémů s indukčními jednotkami lze za samostatný systém považovat část napojenou na jeden zdroj chladu a jednu vzduchotechnickou jednotku.

Pro každý klimatizační systém se provede jeho identifikace dle následující tabulky. Teoretický popis jednotlivých klimatizačních systémů je uveden v kapitole 5. Definice trvalého monitoringu je uvedena ve vyhlášce a zabýval se jí kapitola 2.1 této metodiky. Důležitá je při monitoringu i archivace hodnot, především spotřeby energie, která by měla být u trvale monitorovaného systému zajištěna.

V rámci identifikace jednotlivých zařízení klimatizačního systému jsou uvedeny základní parametry jednotlivých zařízení.

Zařízení pro dopravu vzduchu jsou ventilátory v klimatizačních jednotkách. Většina systémů má dva ventilátory, jeden po přívod a druhý pro odvod vzduchu. Je-li do klimatizačního systému zahrnuto více klimatizačních jednotek, může být ventilátorů více. U každého ventilátoru se uvede jmenovitý elektrický příkon, dopravní tlak, a zda má regulované otáčky (průtok vzduchu).

Jednotlivá zařízení klimatizačního systému		
a) Zařízení pro dopravu vzduchu	jednotky	hodnoty/parametry
<i>číslo klimatizačního systému</i>		
typ a jmenovitý příkon ventilátoru	(kW)	
celkový dopravní tlak	(Pa)	
otáčky ventilátoru	(-)	<input type="checkbox"/> konstantní <input type="checkbox"/> regulované

Identifikace se provádí pouze pro zařízení, která v daném klimatizačním systému existují. Je-li osazeno zpětné získávání tepla (někdy označováno jako rekuperace), uveďte se jeho typ, jmenovitý výkon a účinnost (někdy označovaná jako teplotní faktor) dle projektu nebo na štítku zařízení. Popisu zpětného získávání tepla je věnována kapitola 7.

b) Zpětné získávání tepla	jednotky	hodnoty/parametry
<i>číslo klimatizačního systému</i>		
typ zpětného získávání tepla	(-)	<input type="checkbox"/> deskový výměník <input type="checkbox"/> rotační výměník <input type="checkbox"/> rotační výměník s přenosem vlhkosti <input type="checkbox"/> jiný – připojte jaký
jmenovitý výkon	(kW)	
jmenovitá účinnost	(%)	
jmenovitý příkon	(kW)	

c) Výměníky tepla pro ohřev/ochlazení vzduchu	jednotky	hodnoty/parametry
<i>číslo klimatizačního systému</i>		
typ výměníku tepla	(-)	<input type="checkbox"/> ohříváč vzduchu (vzduch-kapalina) <input type="checkbox"/> elektrický ohříváč vzduchu <input type="checkbox"/> chladič vzduchu (vzduch – kapalina) <input type="checkbox"/> výparník (vzduch – chladiivo) <input type="checkbox"/> regenerační výměník tepla (rotační) <input type="checkbox"/> rekuperační výměník (vzduch – vzduch) <input type="checkbox"/> rekuperační výměník ZZT (vzduch – nemrznoucí kapalina) <input type="checkbox"/> jiný – připojte jaký
jmenovitý výkon	(kW)	
způsob regulace	(-)	<input type="checkbox"/> dvoupolohová (on/off) <input type="checkbox"/> plynulá <input type="checkbox"/> jiný – připojte jaký
jmenovitý teplotní spád	(°C)	

Podobně u jednotlivých výměníků klimatizačních jednotek je uveden typ, jmenovitý výkon, způsob regulace a jmenovitý teplotní spád u vodních ohříváčů či chladičů. V klimatizačních jednotkách je obvykle jeden chladič a jeden či dva ohříváče. Regenerační a rekuperační výměníky pro zpětné získávání tepla je vhodnější popsat tabulkou dle bodu b (ZZT). Jmenovitý teplotní spád se uvede jako poměr jmenovité teploty přiváděné vody a jmenovité teploty odváděné vody (např. 6/12 pro chladič či 80/60 pro ohříváč). Část d) chladič je ve vyhlášce zbytečná, všechny výměníky lze identifikovat dle části b).

Pro zvlhčovače umístěné v rámci klimatizačního systému jak přímo v klimatizační jednotce, tak mimo ni, které zvlhčující vzduch v potrubí či prostoru by měl být uveden typ, jmenovitý výkon a příkon a způsob regulace.

e) Zvlhčovač	jednotky	hodnoty/parametry
<i>číslo klimatizačního systému</i>		
typ zvlhčovače	(-)	<input type="checkbox"/> parní <input type="checkbox"/> vodní <input type="checkbox"/> jiný – připojte jaký
jmenovitý výkon	(kg/h)	
jmenovitý příkon	(kW)	
způsob regulace	(-)	<input type="checkbox"/> dvupolohová (on/off) <input type="checkbox"/> plynulá <input type="checkbox"/> jiný – připojte jaký

Pro filtry v klimatizačních jednotkách se uvede typ a počet stupňů filtrace, vhodné je doplnit i třídu jednotlivých stupňů. Například 2, G4, F9.

f) Filtry	jednotky	hodnoty/parametry
<i>číslo klimatizačního systému</i>		
typ filtrů	(-)	<input type="checkbox"/> odvinovací <input type="checkbox"/> vložkové kapsové <input type="checkbox"/> vložkové tukové <input type="checkbox"/> elektrofiltry <input type="checkbox"/> jiný – připojte jaký
počet stupňů filtrace	(ks)	

U klimatizační jednotky, která má směšovací komoru, by měl být uveden jmenovitý poměr čerstvého vzduchu v létě a zimě.

V rámci identifikace se pro každý klimatizační systém popíše distribuce vzduchu a uvede, zda jsou osazeny regulační klapky jednotlivých větví, případně regulátory průtoku (VAV), tlumiče hluku a tepelná izolace rozvodů. U sání venkovního vzduchu a odvod vzduchu znečištěného by mělo být ověřeno, zda existuje riziko nasávání vzduchu odváděného či jinak znečištěného, nebo zda není odváděn vzduch nevhodně.

h) Distribuce a rozvod vzduchu			
<i>číslo klimatizačního systému</i>			
Regulační klapky (součástí zařízení)	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne	
Cirkulační jednotky	<input type="checkbox"/> podokenní	<input type="checkbox"/> stropní	
Tlumiče hluku (součástí zařízení)	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne	
Tepelná izolace distribuce a rozvodu	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne	<input type="checkbox"/> Částečně
Sání venkovního vzduchu (uvést způsob)			
Odvod znečištěného vzduchu (uvést způsob)			

Velmi důležitým zařízením je v klimatizačním systému zdroj chladu. Je-li jeden zdroj chladu použit pro více klimatizačních systémů, provede se jeho identifikace u prvního z nich a do druhého řádku tabulky se uvede označení všech napojených klimatizačních systémů.

i) Zdroj chladu	jednotky	hodnoty/parametry
<i>číslo klimatizačního systému</i>		
<u>Typ zdroje chladu</u>	(-)	<input type="checkbox"/> kompresorový <input type="checkbox"/> kondenzátorová jednotka <input type="checkbox"/> sorpční <input type="checkbox"/> adiabatický <input type="checkbox"/> jiný – připojte jaký
typ chladiva	(-)
celková hmotnost chladiva obsažená v chladicím okruhu	(kg)	
umístění zdroje chladu	(-)	<input type="checkbox"/> Střecha <input type="checkbox"/> Strojovna <input type="checkbox"/> Jinde – připojte kde
jmenovitý výkon	(kW)	
jmenovitý příkon	(kW)	
<u>Regulace průtoku chladiva</u>		<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
	typ	<input type="checkbox"/> vícestupňová <input type="checkbox"/> plynulá
<u>Kompresory</u>	(ks)	
	typ	<input type="checkbox"/> pístový <input type="checkbox"/> spirálový <input type="checkbox"/> šroubový <input type="checkbox"/> turbokompresor <input type="checkbox"/> jiný – uveďte jaký

Většina zdrojů chladu v klimatizačních systémech je kompresorových. Typ chladiva a jeho hmotnost jsou důležité údaje vzhledem k zákazu používání některých chladiv a povinnosti kontroly úniků chladiva pro zařízení s náplní nad 3 kg dle zákona č. 86/2002 Sb. ze dne 14. února 2002 o ochraně ovzduší. Jednotlivé typy kompresorů a chladiv jsou uvedeny v kapitole 6. Jmenovitý příkon a výkon zdroje chladu patří mezi nejdůležitější údaje. Kontroly se musí provádět, je-li jmenovitý příkon vyšší než 12 kW.

Provede se i identifikace zařízení pro odvod kondenzačního tepla, jejich typ a jmenovité příkony. U vzduchem chlazených kondenzátorů je třeba uvést, zda příkon ventilátorů je zahrnut do příkonu zdroje chladu již dříve uvedeného.

<u>Kondenzátor</u>	(typ)	<input type="checkbox"/> vzduchem chlazený <input type="checkbox"/> odpařovací <input type="checkbox"/> vodou chlazený <input type="checkbox"/> jiný – uveďte jaký
odvádění kondenzačního tepla v případě vodou chlazených kondenzátorů	(typ)	<input type="checkbox"/> vzduch – suchý chladič <input type="checkbox"/> adiabatický – chladičí věž <input type="checkbox"/> spodní voda <input type="checkbox"/> jiný – uveďte jaký
příkon ventilátoru pro odvod kondenzačního tepla		Zahrnut do příkonu zdroje chladu: <input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
	(kW)	
příkon oběhového čerpadla pro odvod kondenzačního tepla	(kW)	
typ chladičí věže	(typ)	<input type="checkbox"/> otevřená <input type="checkbox"/> uzavřená
příkon chladičí věže	(kW)	

Popíše se i zásobník chladné vody, je-li v systému zařazen. V případě akumulace chladu se změnou skupenství je třeba to v tabulce uvést. Povrchová teplota zásobníků se uvede jen v případě, že je měřena.

<u>Zásobník chladné vody</u>		
objem	(l)	
izolace	(-)	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne <input type="checkbox"/> Částečně
povrchová teplota zásobníku	(°C)	
<u>Rozvody chladné vody</u>		
počet okruhů	(ks)	
izolace	(-)	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne <input type="checkbox"/> Částečně
jmenovitý průtok	(m ³ /h)	
tlakové ztráty	(kPa)	
oběhové čerpadlo/čerpadla	(typ)	
počet čerpadel	(ks)	
příkon oběhového čerpadla/čerpadel	(kW)	

Při identifikaci rozvodů chladné vody se uvede počet okruhů a stav izolace. Počtem okruhů se rozumí, zda je v systému samostatný primární okruh (často pracující s nemrznoucí směsí) a samostatný sekundární okruh chladné vody. Uvede se jmenovitý průtok a jmenovitá tlaková ztráta pro každý okruh, typ a počet oběhových čerpadel a jejich příkon. Je-li v systému více oběhových čerpadel, uvede se jmenovitý příkon každého z nich, s rozlišením okruhu, ke kterému přísluší.

Tabulka j) ostatní zařízení se použije především k identifikaci ventilátorových konvektorů, vnitřních jednotek chladičových systémů či indukčních jednotek. Všechny stejné prvky, jež jsou součástí jednoho klimatizačního systému, se identifikují typem, průtokem vzduchu a celkovým chladičím výkonem a instalovaným elektrickým příkonem, uvede se i typ regulace (např. regulace škrcením na straně chladné vody či regulace otáček ventilátoru).

j) ostatní zařízení	jednotky	hodnoty/parametry
<i>číslo klimatizačního systému</i>		
<u>Druh zařízení</u>	(typ)	<input type="checkbox"/> Vnitřní cirkulační jednotky - ventilátorové konvektory vodní <input type="checkbox"/> Vnitřní cirkulační jednotky - ventilátorové konvektory chladivové <input type="checkbox"/> jiné zařízení – připojte jaké
počet zařízení	(ks)	
průtok vzduchu	(m ³ /s)	
celkový chladicí výkon	(kW)	
celkový elektrický příkon	(kW)	
regulační systém	(-)	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
	(typ)	

Jako poslední je ve vyhlášce uvedena tabulka pro identifikaci měření spotřeby energie klimatizačního systému. Kromě informace, zda jsou jednotlivé druhy energie měřeny, je vhodné uvést i to, jakým zařízením a s jakou frekvencí jsou data zaznamenávána.

k) měřící zařízení	
<i>- číslo klimatizačního systému</i>	
<u>Spotřeba elektřiny - měřena</u>	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
<u>Spotřeba tepla - měřena</u>	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
<u>Spotřeba vody - měřena</u>	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
<u>Doba provozu zdroje chladu</u>	(počet hodin/rok)

Kromě výše uvedených zařízení by měla být provedena identifikace i u systému měření a regulace klimatizačního systému. Popsat systém měření a regulace a umístění základních čidel a akčních členů. Tyto hodnoty jsou zmíněny v odstavci věnujícímu se vizuální kontrole.

4.3 Část C – Kontrola klimatizačního systému/systémů

Kontrola dokumentace byla popsána v kapitole 3.1.

U vizuální prohlídky se v závěrečné zprávě uvede, co bylo kontrolováno, a v poznámkách je vhodné doplnit i jak nebo s jakým výsledkem.

II. Vizualní prohlídka a kontrola provozuschopnosti a údržby klimatizačního systému

	Provedení kontroly	
	ANO	NE
Zdroj chladu		
1) stav zdroje chladu a jeho okolí		
2) teplotní rozdíl chlazené kapaliny		
3) izolace potrubí chladiwa její úplnost a neporušenost a funkčnosti potrubí		
4) vibrace a hladina tlaku		
5) kondenzační tlak (je-li k dispozici)		
6) údaje o účinnosti chladicích jednotek		

U zdroje chladu by se měl kontrolovat stav zdroje chladu a jeho okolí. Prověří se celkový stav zdroje, zda nevykazuje známky poruchy či špatné údržby. Vizualní prohlídkou se ověří stav tepelné izolace potrubí, vibrace a hladina hluku při provozu zdroje. U některých zdrojů chladu vybavených elektronickým vyhodnocováním provozu lze odečíst okamžitý chladicí faktor, stejně jako teploty chlazené kapaliny a kondenzační tlak z displeje při vizualní prohlídce. Případně je lze odečíst z údajů měření a regulace, případně místních čidel, jsou-li k dispozici. Je-li k dispozici měření spotřeby el. energie a kalorimetrické měření dodaného chladu, lze vyhodnotit i chladicí faktor zdroje za různá časová období (okamžitý, průměrný měsíční).

V tabulce ve vyhlášce je jasně uvedeno všechno, co se má při vizualní prohlídce kontrolovat. Osoba provádějící kontrolu by měla provést vizualní prohlídku celého klimatizačního systému.

Potrubí chlazené vody	ANO	NE
1) stav potrubí chlazené vody a únik tepla z potrubí (těsnost, kondenzace)		
2) izolace potrubí chlazené vody její úplnosti a neporušenosti a funkčnosti potrubí		
3) kontrola funkce a regulace čerpadel a armatur v rozvodu vody		
Odvod tepla do venkovního prostředí	ANO	NE
1) stav a funkčnost jednotek pro odvod tepla do venkovního prostředí		
2) přístup vzduchu ke kondenzátorům		
3) kontrola funkce a regulace ventilátorů		
Výměna tepla do chladicího systému u vnitřních jednotek	ANO	NE
1) stav a funkčnost vnitřních jednotek		
2) překážek a čistoty přívaděcích a odváděcích otvorů		
3) přístupu a překážek průtoku vzduchu k výměníkům tepla		
4) stavu vstupního (sacího) filtru vzduchu		

Systém přívodu vzduchu v klimatizovaných prostorech	ANO	NE
1) otvory, mřížky nebo anemostaty pro přívod a odvod vzduchu		
2) vnitřní mikroklimatické podmínky a obtěžování průvanem v souvislosti s provozem klimatizačního systému		
3) umístění a rozměry příváděcích otvorů ve vztahu k odváděcím otvorům		
Systém přívodu vzduchu u vzduchotechnických jednotek	ANO	NE
1) stav filtrů - čistota, zanesení, poškození a zanesení, četnost výměny nebo čištění filtrů a doba od poslední výměny nebo čištění, slicování a utěsnění filtrů a jejich krytů		
2) poškození nebo zanesení výměníků tepla a úniku chladiva z chladiče		
3) stav vlhkých a mokrých sekcí a lapačů kondenzátu z hlediska koroze, usazenin a zanesení potrubí		
Nasávací otvory vzduchu do systému	ANO	NE
1) překážky, nebo zablokování nasávacích žaluzií, filtračních vložek a filtrů		
2) umístění nasávacích otvorů vzhledem k blízkosti k zdrojům tepla (např. kondenzační jednotky), nebo výfukům odpadního vzduchu		
Regulační a měřicí zařízení	ANO	NE
1) vhodnost dělení na zóny ve vztahu k ovlivňujícím faktorům (orientace na světovou stranu, místní úrovně vnitřních tepelných zisků apod.)		
2) ověření správnosti umístění snímačů hodnot měřených parametrů		

Údaje a záznamy o monitorovaném zařízení	ANO	NE
1) záznam časových údajů nastavených na regulátorech		
2) stav teplotních čidel pro zónovou regulaci vytápění a chlazení		
3) záznam nastavené hodnoty teploty vzduchu v každé zóně určené pro vytápění a chlazení s ohledem na činnost a obsazenost zón a prostorů osobami		
4) zaznamenávání spotřeby energie (elektrické, tepelné nebo vody) nebo doby provozu měřicích zařízení		

Závěrem se uvede hodnocení vizuální prohlídky a vyjmenují se zjištěné nedostatky. V případě, že je v budově více klimatizačních systémů, může být tato tabulka vyplněna souhrnně. Je ale třeba u případných nedostatků uvést číslo klimatizačního systému.

Způsob údržby klimatizačního systému	
<input type="checkbox"/>	Žádná
<input type="checkbox"/>	Pravidelná - uvést -(x krát/měsíc/rok)
<input type="checkbox"/>	Podle požadavků provozovatele systému - uvést jakých.....

Hodnocení vizuální prohlídky a kontroly provozuschopnosti a údržby klimatizačního systému	<input type="checkbox"/> Vyhovuje
	<input type="checkbox"/> Vyhovuje po opatření
	<input type="checkbox"/> Nevyhovuje
<i>Opatření:</i>	
<i>Důvody proč nevyhovuje:</i>	
<i>Zjištěné nedostatky z kontroly</i>	<i>uvedeny v části fotodokumentace kontroly</i>
zjištěný nedostatek č. 01	
zjištěný nedostatek č. yx	

III. Hodnocení dimenzování klimatizačního systému

Ochrana proti slunečnímu záření		
druh použitých stínících elementů	-	Uveďte jaký
stínící faktor elementu	-	
správná funkce stínícího elementu	-	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne
Venkovní tepelné zisky (projekt)		
zdroj tepelných zisků	(druh)	
celková hodnota tepelných zisků od zdrojů	(kW)	
Vnitřní tepelné zisky (projekt)		
zdroj tepelných zisků	(druh)	<input type="checkbox"/> Osoby <input type="checkbox"/> Osvětlení <input type="checkbox"/> Technologie <input type="checkbox"/> Jiný – uveďte – jaký
celková hodnota tepelných zisků od zdrojů	(kW)	

Dimenzování klimatizačního systému k požadavkům budovy		
potřeba chladu pro budovu		(kW)
celkový instalovaný chladicí výkon systému		(kW)
správné dimenzování klimatizačního systému	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne

Při hodnocení dimenzování klimatizačního systému by měl být ověřen chladicí a topný výkon klimatizačního systému stejně jako průtok vzduchu a porovnán s potřebnými výkony a průtoky klimatizované zóny. V tabulce ve vyhlášce je uvedeno pouze hodnocení chladicího výkonu. **V případě, že zajišťuje klimatizace i vytápění, je třeba tabulku doplnit. A hodnocení průtoku vzduchu by mělo být též součástí zprávy.**

V části IV. se hodnotí účinnost klimatizačního systému. Hodnocení účinnosti je u klimatizace obtížné, neboť klimatizace spotřebovává energii na zajištění kvality vnitřního prostředí. Proto je důraz kladen na spotřeby energie a chladicí faktor zdroje chladu. Jsou-li měřeny spotřeby energie, uvede se spotřeba každého klimatizačního systému, a to jak celku, tak dílčí spotřeby jednotlivých zařízení uvedené v tabulce.

V tabulce je uvedena účinnost kontrolovaného zdroje chladu v %, jedná se však o chybu. U zdrojů chladu je účinnost reprezentována jeho chladicím faktorem. Proto, je-li k dispozici měření příkonu zdroje chladu a jeho výkonu (kalorimetrické měření dodaného chladu), provede se v rámci kontroly výpočet chladicího faktoru z těchto naměřených hodnot a porovná s údaji výrobce.

Vhodnější je hodnocení sezónního chladicího faktoru ESEER, který bude pravděpodobně v brzké době nahrazen faktorem SEER (viz kapitola 6). Tyto hodnoty by mohly být porovnány se středním chladicím faktorem za roční dobu provozu, vypočteným z roční spotřeby el. energie a dodaného chladu, (jsou-li měřeny). Je-li naměřený chladicí faktor

výrazně nižší nežli udávaný výrobcem, napovídá to o špatném technickém stavu zařízení. Při měření je třeba zohlednit konkrétní podmínky (teploty, zatížení). Problematická může být i přesnost měření především u kalorimetrů, a také v případě malých průtoků či rozdílů teplot. Dále se zhodnotí chladicí faktor instalovaného zdroje chladu v porovnání s novým, efektivnějším.

Na závěr by měl být uveden chladicí faktor (EER), případně sezónní chladicí faktor (ESEER) nového efektivnějšího zdroje chladu. Osoba provádějící kontrolu by měla najít konkrétní zdroj chladu s vyšším chladicím faktorem, nejlépe v energetické třídě A a lepší (viz tabulka 6.2). Tento nový zdroj chladu by měl odpovídat výkonem, připojením do systému i rozměrovými požadavky stávajícímu zdroji, nebo potřebnému chladicímu výkonu v případě, že je stávající zdroj předimenzován.

IV. Hodnocení účinnosti klimatizačního systému

	jednotky	parametry
Spotřeba energie*		
roční celková spotřeba elektřiny systému	(kWh/rok)	
roční celková spotřeba tepla systému	(kWh/rok)	
roční celková spotřeba vody systému	(m ³ /rok)	
Spotřeba energie – zařízení*		
spotřeba energie pro ohřev přiváděného vzduchu	(kWh/rok)	
spotřeba energie pro chlazení přiváděného vzduchu	(kWh/rok)	
spotřeba elektřiny pro čerpadla a ventilátory	(kWh/rok)	
Účinnost kontrolovaného zdroje chladu		
a) zjištěná při kontrole (měřením)	(%)	
b) uvedené výrobcem zdroje chladu	(%)	
jmenovitý chladicí faktor EER	(-)	
sezónní chladicí faktor ESEER	(-)	
Účinnost nového nejefektivnějšího zdroje chladu		
uvést zdroj informace	(%)	

* Uvádí se pouze v případě, že je instalováno příslušné měření.

Celkové hodnocení účinnosti klimatizačního systému	<input type="checkbox"/> Vyhovuje <input type="checkbox"/> Vyhovuje po opatření <input type="checkbox"/> Nevyhovuje
<i>Opatření:</i>	
<i>Důvody proč nevyhovuje:</i>	

Doporučení k ekonomicky proveditelným zlepšením stávajícího stavu klimatizačního systému shrnuté v části V vyhlášky vycházejí z obvyklých možností optimalizace (viz kapitola 10). Osoba provádějící kontrolu by měla na základě zpracovaných podkladů, prohlídky systému a

analýzy naměřených hodnot navrhnout opatření ke snížení spotřeby energie klimatizačního systému, nebo zvyšující kvalitu vnitřního prostředí. Ekonomické posouzení těchto opatření však většinou vyžaduje zpracování studie, zohledňující investiční a provozní náklady takového opatření a případné snížení spotřeby energie. U systémů osazených měřeními spotřeb energií je toto vyhodnocení výrazně jednodušší.

Studii posouzení ekonomické proveditelnosti opatření je třeba individuálně projednat s vlastníkem budovy.

V. Doporučení k ekonomicky proveditelnému zlepšení stávajícího stavu klimatizačního systému

	Doporučení ke zlepšení	Popis doporučení
Snížení potřeby chlazení budovy	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
1) snížení tepelných zisků od oslunění	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
2) snížení vnitřní tepelné zátěže	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
Zlepšení účinnost systému	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
1) využití venkovního vzduchu	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
2) zlepšení účinnosti přenosu	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
3) zlepšení účinnosti distribuce chladu	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
4) zlepšení účinnosti výroby chladu	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
5) zlepšení využití odpadního tepla	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
6) využití akumulace tepla	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
Úprava užívání budovy	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
Úprava klimatizačního systému	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
1) úprava provozu	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
2) úprava údržby	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
3) úprava nesprávné funkce zařízení	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
4) odstranění poruchy zařízení	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
5) výměna zařízení	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
6) úprava měření	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
7) úprava regulace	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
8) úprava dimenzování	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	
9) nutná náhrada chladiva z důvodu zákazu používání	<input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Ne	

V části VI je uvedeno celkové stanovisko energetického specialisty shrnující jednotlivá dílčí hodnocení:

- Hodnocení dokumentace a dokladů ke klimatizačnímu systému
- Vizuální prohlídka a kontrola provozuschopnosti a údržby klimatizačního systému

- Hodnocení jednotlivých zařízení klimatizačního systému
- Hodnocení účinnosti klimatizačního systému
- Hodnocení dimenzování klimatizačního systému
- **Celkové výsledné hodnocení klimatizačního systému**
- U každé dílčí části stejně jako v souhrnném hodnocení je uvedeno, zda hodnocená část vyhovuje, vyhovuje po opatření nebo nevyhovuje. Je třeba uvést i případná opatření anebo důvody, proč nevyhovuje.

b) celkové výsledné hodnocení kontroly klimatizačního systému

	Monitoring systému	
<input type="checkbox"/> Vyhovuje	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne
<input type="checkbox"/> Vyhovuje po opatření	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne
<i>Opatření:</i>		
<input type="checkbox"/> Nevyhovuje	<input type="checkbox"/> Ano	<input type="checkbox"/> Ne
<i>Důvody:</i>		

V závěrečných bodech zprávy se uvedou údaje o energetickém specialistovi, datum kontroly a ostatní údaje – například fotodokumentace a schéma.

Část D - Údaje energetického specialisty

Energetický specialista	
Jméno a příjmení	
Číslo oprávnění MPO	
Datum vydání oprávnění	
Datum posledního průběžného vzdělávání	
Podpis energetického specialisty	

Část E - Datum kontroly

Datum kontroly	
----------------	--

Část F - Ostatní údaje zprávy o kontrole klimatizačního systému

I. Fotodokumentace provedená při kontrole klimatizačního systému

Část kontroly	Požadavek na fotodokumentaci	Komentář a popis fotodokumentace
<u>Základní informace o budově, vlastníkově a provozovateli budovy</u>	Fotografie budovy	
<u>Podrobná identifikace klimatizačního systému/klimatizačních systémů v budově</u>	Fotografie klimatizačního systému	
<u>Vizuální prohlídka a prohlídka provozuschopnosti klimatizačního systému</u>	Fotografie jednotlivých zjištěných nedostatků	
zjištěný nedostatek č. 01		
zjištěný nedostatek č. yx		

II. Schémata předložená při kontrole

číslo	název a popis schéma

III. Kopie oprávnění energetického specialisty

5. Klimatizační systémy

Klimatizace je proces úpravy tepelného a vlhkostního stavu ovzduší (při použití chladicích ploch obecněji tepelného stavu prostředí), čistoty a proudění vzduchu pro obytné, společenské a průmyslové budovy, dopravní prostředky i technologické procesy. Proměnnost okrajových podmínek (venkovního klimatu, vnitřních zátěží tepelných, vlhkostních) vede k automatickému řízení procesů úpravy vzduchu v závislosti na změnách venkovních i vnitřních podmínek. Klimatizace komfortní (pro dodržení hygienických podmínek - pro osoby) je vždy spojena s přívodem čerstvého venkovního vzduchu – větráním.

Základní kategorie:

- *Klimatizace komfortní* - úprava ovzduší (prostředí) z hlediska hygienického (pro činnost lidského organismu). Patří sem klimatizace obytných a pobytových prostorů (byty, shromažďovací prostory – divadla, kina, hotely, administrativní budovy apod.).
- *Klimatizace technologická* – úprava ovzduší (prostředí) z hledisek technologických (pro funkci výrobních/pracovních procesů, strojů, procesů biologických, mikrobiologických).
Prostředí lze upravovat:
 - v prostoru budov, v místnostech s přítomností osob (*technologická prostorová klimatizace*); jsou to např. čisté prostory pro elektroniku, farmacii, přesnou strojírenskou výrobu apod.
 - uvnitř technologických linek, bez přítomnosti osob (*technologická procesní klimatizace*).

Úplná klimatizace zahrnuje veškeré úpravy teploty, vlhkosti a čistoty celoročně na požadované parametry. *Dílčí klimatizace* slouží jen k částečné úpravě (pouze některých parametrů), např. úpravu teploty chlazením v letním období. Klimatizační zařízení pro dílčí úpravu vzduchu mohou být kombinována i s vytápěcími zařízeními; např. komfortní klimatizace zajišťuje chlazení, větrání v létě a doplňuje větráním vytápění v zimě.

Komfortní vícezónové klimatizační systémy (vždy s přívodem čerstvého vzduchu) mohou být řešeny s přívodem upraveného čerstvého vzduchu pro větrání do vnitřních klimatizačních jednotek (koncových prvků) nebo se může čerstvý vzduch přivádět samostatnými vyústkami do klimatizovaného prostoru.

Klimatizační systém je koncepční soubor funkčních prvků pro úpravu vzduchu (venkovního, čerstvého i vzduchu oběhového), distribuci tepla, chladu a vzduchu v objektu. Systémy zahrnují filtraci, směšování, ohřev, chlazení, vlhčení, odvlhčování a třídí se podle druhu tekutiny přenášející teplo a chlad v budově a podle počtu zón (místností), ve kterých klimatizační systém upravuje prostředí a v nichž dochází k individuálním změnám tepelné a vlhkostní zátěže. Pojem **klimatizační zařízení** platí pro konkrétní provedení určitého systému, případně jeho dílčí části (např. "Zařízení č.1 Klimatizace posluchárny", je konkrétním provedením vzduchového jednokanálového, jednozónového klimatizačního systému). Tato terminologie však není ve vyhlášce důsledně dodržena.

Koncepci klimatizačního systému a jeho výkony ovlivňují následující, výchozí údaje:

- požadované *parametry vnitřního prostředí (ovzduší)* – tj. parametry tepelně vlhkostní, parametry čistoty ovzduší
- *vnitřní zdroje tepla, chladu, vlhkosti, případně škodlivin* v klimatizovaném prostoru
- *vlastnosti budovy* (dispozice, tepelně-technické vlastnosti)
- *parametry venkovního prostředí*
- *požadavky na větrání* – průtok venkovního, čerstvého vzduchu.

5.1 Třídění klimatizačních systémů

Klimatizační systémy se třídí dvojím způsobem:

- *podle tekutiny* přenášející chlad a teplo po budově - systémy:
 - vzduchové
 - vodní
 - kombinované - voda/vzduch
 - chladičové
- *podle počtu zón (místností), ve kterých klimatizační systém upravuje prostředí a v nichž dochází k individuálním změnám tepelné a vlhkostní zátěže* - systémy:
 - jednozónové
 - vícezónové

Typické, hlavní skupiny a podskupiny jednotlivých klimatizačních systémů jsou:

- Vzduchové systémy jednozónové
 - jednokanálový systém s konstantním průtokem vzduchu
- Vzduchové systémy vícezónové
 - jednokanálový systém s proměnným průtokem vzduchu
 - dvoukanálový systém s konstantním průtokem vzduchu
- Vodní systémy vícezónové
 - systém s ventilátorovými konvektory (dvou, tří, čtyřtrubkový rozvod vody, jednokanálový rozvod vzduchu)
- Kombinované systémy vzduch-voda vícezónové
 - indukční systém s indukčními (parapetními) jednotkami (dvou, tří, čtyřtrubkový rozvod vody, jednokanálový rozvod vzduchu)
- Chladičové systémy jedno i vícezónové
 - jednozónový systém (split) s konstantním průtokem chladiva
 - vícezónový systém (multisplit) s konstantním průtokem chladiva
 - vícezónový systém (multisplit) s proměnným průtokem chladiva,

5.2 Charakteristické vlastnosti klimatizačních systémů

Vzduchové, vodní, kombinované, chladičové systémy

*Teplo i chlad po budově se rozvádí vzduchem (vzduchovody), vodou (vodním potrubím), chladičem (chladičovým potrubím). Každý z uvedených distribučních systémů je zakončen v klimatizovaném prostoru koncovými prvky k předání tepelné energie do ovzduší (prostředí). U vzduchových systémů jsou to *vyústky, anemostaty*. Vodní systémy zakončují *vodní ventilátorové konvektory* (jednotky fan-coil) nebo *chladičové panely* (u systému chladičích stropů), do kterých se přivádí vodním rozvodem chladná/teplá voda. Koncovými prvky*

kombinovaných systémů vzduch/voda jsou *indukční parapetní jednotky* nebo *chladicí trámce*, do kterých se přivádí chlad/teplo jak vzduchem, tak vodním rozvodem. Chladivové systémy zakončují chladivové ventilátorové konvektory (vnitřní jednotky), do kterých se tepelná energie přivádí chladivovým potrubím kapalného/plynného chladiva.

Venkovní, čerstvý vzduch pro větrání u vzduchových a kombinovaných systémů vzduch/voda je přiveden do klimatizovaných místností systémovými vzduchovody (společná distribuce chladu, tepla a větracího vzduchu). U systémů vodních a chladivových se zřizují samostatná větrací zařízení, která mohou vyústit buď do koncových prvků daných systémů (ventilátorových konvektorů, vnitřních jednotek), nebo ústí samostatně vyústkami, anemostaty přímo do klimatizovaného prostoru.

Rozdílné vlastnosti vzduchových, vodních a chladivových systémů vyplývají ze schopnosti jednotlivých systémů přenášet tepelnou energii. Kritériem pro porovnání může být průřez vzduchovodu, vodního nebo chladivového potrubí pro přenos stejného množství tepelné energie po budově.

Z hlediska prostorových nároků jsou pro chlazení budov nejnáročnější vzduchové systémy. Příznivější rozměry má vodní potrubí a nejméně náročné jsou rozvody chladiva. Označíme-li průřezy potrubí pro vzduch, vodu, kapalné chladivo $S_{vz}/S_w/S_{ch}$ (m^2), pak pro přenos stejného množství tepelné energie je přibližně: $S_{vz}/S_w/S_{ch} = 1 / 100 / 1000$.

Systémy jednozónové, vícezónové

Jednozónové systémy slouží k úpravě vzduchu v jednom prostoru, resp. v několika prostorech, ale se stejným charakterem tepelné zátěže a provozu. Systémy jsou vybaveny jednou klimatizační jednotkou, která je řízena čidly z klimatizovaného prostoru. Typickým představitelem jednozónových systémů je vzduchový jednokanálový systém, používaný pro klimatizaci shromažďovacích prostorů (divadel, kin, koncertních sálů, sportovních hal, průmyslových hal). Dalším příkladem jednozónového systému je chladivový split systém, používaný pro klimatizaci jednotlivých kanceláří, obchodů i bytů.

Vícezónové systémy jsou určeny pro klimatizaci budov s větším počtem místností (administrativní budovy, hotely aj.). Vícezónové systémy obsahují ústřední klimatizační zařízení (u velkých budov i několik samostatných zařízení pro dílčí úseky budovy), které zajišťuje základní úpravu venkovního (případně i oběhového) vzduchu (filtrace, ohřev, chlazení, vlhčení) a jeho rozvod po budově. Další součásti systému tvoří ústřední zdroje chladu/tepla a vodní/chladivové rozvody v budově. Koncové prvky v místnostech, napojené na ústřední zdroje vzduchu/vody/chladiva, slouží k dodatečné (zónové) úpravě vzduchu (zpravidla k chlazení a ohřevu) podle individuálních teplotních podmínek (s řízením podle teplotního čidla v zóně – místnosti). Vícezónové systémy umožňují úpravu vzduchu podle požadavků uživatele místnosti a aktuální tepelné zátěže (která se mění v jednotlivých místnostech podle počtu osob, provozu elektrických spotřebičů, stínění budovy aj.).

5.3 Vzduchový jednokanálový systém, jednozónový

V názvu systému se často objevuje i „nízkotlaký“, což vyjadřuje, že ventilátory jsou nízkotlaké. Systém je tvořen klimatizační jednotkou pro přívod vzduchu, ventilátorovou jednotkou pro odvod vzduchu a vzduchovody s vyústkami pro přívod a odvod vzduchu. Pro

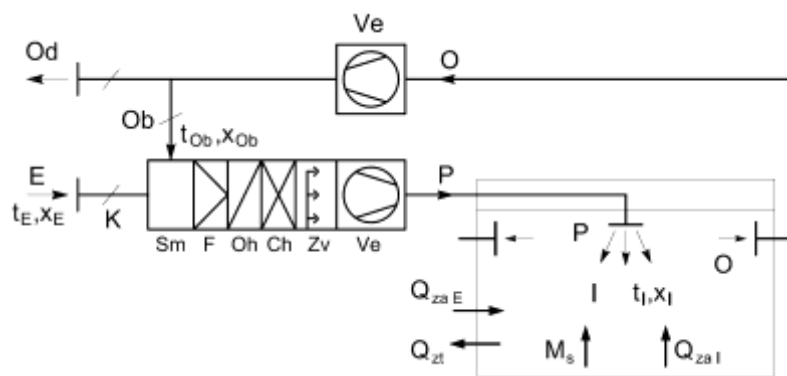
úsporu energie na ohřev venkovního vzduchu se používají zařízení (výměníky) pro zpětné získávání tepla ZZT.

Klimatizační jednotka (směšovací komora, filtr, ohřívač, chladič, zvlhčovač, případně ZZT, ventilátor) i odváděcí ventilátor se umísťují mimo klimatizovaný prostor (ve strojovně, na střeše).

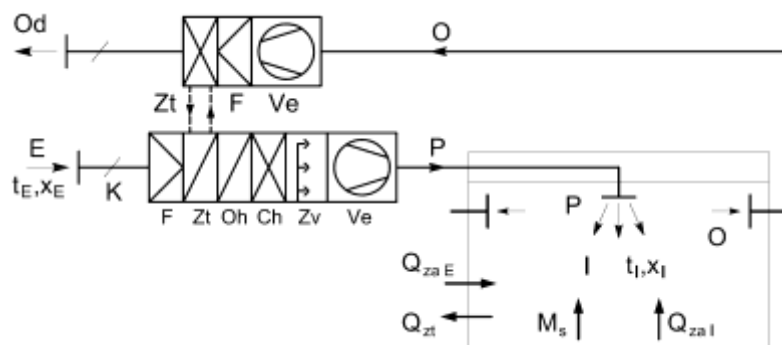
System může mít podle požadavků na kvalitu úpravy vzduchu dvě základní provedení:

- úprava teploty vzduchu celoročně, úprava vlhkosti vzduchu pouze v zimě
- celoroční úprava teploty a vlhkosti vzduchu

System bez úpravy vlhkosti vzduchu v létě je velmi častým způsobem klimatizace pro komfortní prostředí. V podmínkách ČR je třeba pro dodržení požadované vnitřní relativní vlhkosti (30 až 50 %) vzduch v zimě vlhčit. V létě lze bez úpravy vlhkosti dodržet v komfortních zařízeních relativní vlhkost v přijatelných mezích 30 až 50 %. Pokud se používá oběhový vzduch, nesmí v pracovních prostorech (např. kancelářských budovách) poklesnout průtok čerstvého venkovního vzduchu pod požadované dávky na osobu, resp. pod 15 % z celkového průtoku přiváděného vzduchu (dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. ve znění nař. VI. Č. 93/2012 Sb.).



Obr. 5.1 Schéma vzduchového jednozónového klimatizačního systému s oběhovým vzduchem; E, P, I, O, Ob, Od – vzduch venkovní, přiváděný, vnitřní, odváděný, oběhový, odpadní; Sm- směšovací komora, F – filtr, Oh – ohřívač, Ch – chladič, Zv – zvlhčovač, Ve – ventilátor, K – klapka; M_s (kg/s) – produkce vodní páry od osob; Q_{zal} , Q_{zalE} (W) – citelná tepelná zátěž vnitřní, venkovní, Q_{zt} (W) – tepelné ztráty

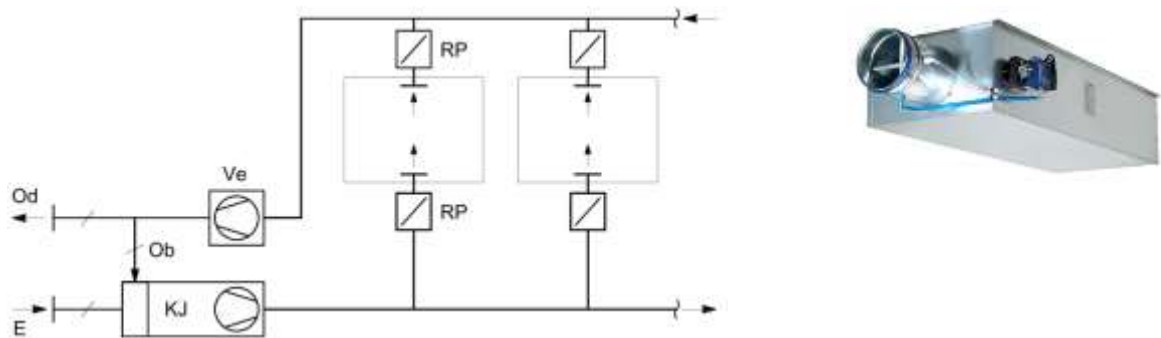


Obr. 5.2 Schéma vzduchového jednozónového klimatizačního systému s výměníkem zpětného získávání tepla Zt; ostatní označení podle obr. 5.1

5.4 Vzduchový jednonábový systém s proměnným průtokem vzduchu, vícezónový

Schéma systému (VAV – Variable Air Volume) je na obr. 5.3. Vzduch je upravován v centrální klimatizační jednotce (je provozována buď v režimu vytápění, nebo chlazení) a rozváděn hlavním vzduchovodem po budově. Před každou místností (zónou) je na hlavní vzduchovod připojen regulátor průtoku RP. Pokud termostat v místnosti zaznamená odchylku od požadované teploty, změní se poloha klapky a tím i průtok vzduchu do místnosti (průtok venkovního vzduchu nesmí poklesnout pod hygienické minimum); při poklesu teploty v režimu vytápění se klapka otevře, obdobně při režimu chlazení. Odvod vzduchu z místností se provádí rovněž přes regulátory průtoku. Provoz centrální jednotky (vytápění, chlazení) se řídí ústředním regulátorem, který vyhodnocuje potřebu vytápění, resp. chlazení v zónách a volí optimální provoz centrální jednotky. Při větším počtu seškrcených klapek sníží automatická regulace průtok vzduchu v síti, buď obtokem přívaděcího ventilátoru, nebo regulací jeho otáček. Odváděcí ventilátor bývá rovněž vybaven regulací otáček.

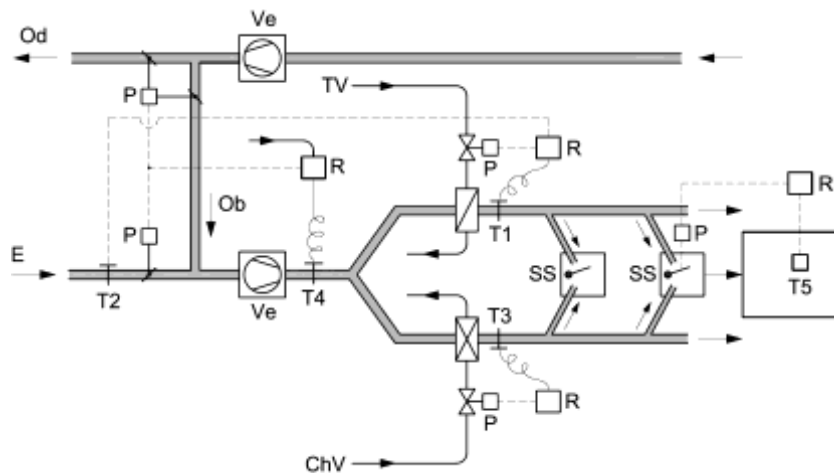
Regulace tepelného a chladicího výkonu je kvantitativní, výkon se mění změnou průtoku (množství) vzduchu přiváděného do místnosti – teplota vzduchu se nemění.



Obr. 5.3 Schéma vzduchového vícezónového jednonábového systému s proměnným průtokem vzduchu; E, Ob, Od – vzduch venkovní, oběhový, odpadní; Ve – ventilátor, KJ – klimatizační jednotka, RP – regulátor průtoku Trox (vpravo)

5.5 Vzduchový vícezónový systém dvoukanábový

U vzduchového vícezónového dvoukanábového systému se vzduch upravuje v ústřední strojovně v klimatizační jednotce na dva rozdílné stavy – teplý a chladný vzduch. Ventilátory jsou obvykle středotlaké (dopravní tlak do 3 000 Pa). Vyšší dopravní tlak je potřebný k překonání tlakových ztrát vzduchovodů, ve kterých proudí vzduch relativně vysokou rychlostí (12 až 20 m/s). Systém využívá i oběhový vzduch, průtok venkovního vzduchu je dán hygienickými požadavky. Budovou prochází dva samostatné vzduchovody, před vyústěním do místnosti je připojena na oba rozvody směšovací skříň SS. Termostat v místnosti řídí poměr směšování teplého a chladného vzduchu; celkový průtok přiváděného vzduchu se udržuje na konstantní hodnotě. Teplota chladného vzduchu se udržuje obvykle na hodnotě 10 až 13 °C. Teplý vzduch je zpravidla teplejší než oběhový vzduch - v létě o 1 až 3 °C, v zimě o 10 až 15 °C.



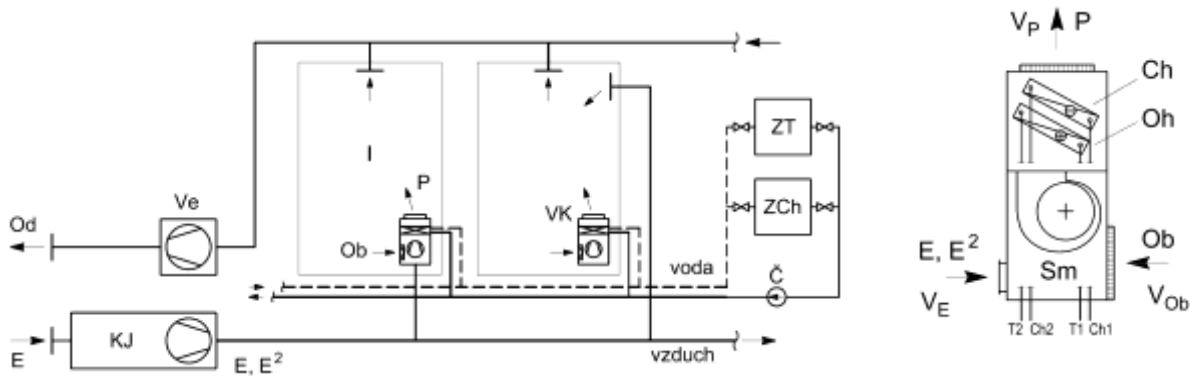
Obr. 5.4 Schéma vzduchového dvoukanalového vícezónového systému; E, OB,Od – vzduch venkovní, oběhový, odpadní; T1 - T5 – čidlo teploty, R – regulátor, P – servopohon, SS – směšovací skříň, TV – teplá voda, ChV – chladná voda.

5.6 Vodní klimatizační systém s ventilátorovými konvektory

Vodní vícezónový systém s ventilátorovými konvektory je tvořen dvěma samostatnými, nezávislými zařízeními.

Venkovní vzduch, o průtoku podle hygienických požadavků, se upravuje vzduchovým jednokanalovým klimatizačním zařízením. Podle velikosti objektu může být těchto zařízení několik (samostatná zařízení pro každé podlaží, pro skupinu podlaží aj.). Vzduch do klimatizovaných místností se přivádí přes vnitřní klimatizační jednotky (kde se směšuje se vzduchem oběhovým) nebo ústí do místností samostatnými vyústkami. Teplota přiváděného vzduchu je blízká teplotě vnitřního vzduchu v místnostech. Odvod vzduchu je buď přímo z klimatizovaných místností, nebo se vzduch přetlakem vede do chodeb a odsává přes hygienická zařízení.

K individuální tepelné úpravě vnitřního vzduchu v místnostech slouží vnitřní klimatizační jednotky (ventilátorové konvektory někdy označované Fancoil). Základní prvky jednotky tvoří: filtr oběhového vzduchu, ventilátor, výměník (výměníky) pro ohřev i chlazení vzduchu. Na výměník je napojen rozvod teplé/chladné vody z centrálních zdrojů. Rozvody teplé a chladné vody mohou být v několika variantách, prakticky se uplatňuje dvoutrubkový rozvod a čtyřtrubkový rozvod. Dvoutrubkový nepřepínací rozvod slouží pouze k rozvodu chladné vody v létě, v zimě je zařízení mimo provoz (vytápění budovy je zajištěno samostatnou otopnou soustavou). Obvykle se takový systém používá pouze při rekonstrukcích, kdy stávající otopná soustava se doplňuje pro léto chlazením objektu. Dvoutrubkový přepínací systém se provozuje v zimě (na vytápění) s teplou vodou, v létě s chladnou vodou. Pro nemožnost zajistit hospodárny provoz v přechodném období (při přepínání dochází směšováním teplé a chladné vody k energetickým ztrátám) se tento systém nedoporučuje. U čtyřtrubkového rozvodu jsou dvě trubky určeny pro rozvod teplé vody, dvě pro rozvod chladné vody. V přechodném období lze místnosti podle potřeby ohřívat nebo chladit. Regulace tepelného výkonu vnitřních jednotek se provádí u každé jednotky řízením průtoku teplé nebo chladné vody podle termostatu v místnosti, u rozsáhlejších sítí trojcestným rozdělovacím ventilem (obtokem výměníku), u malých zařízení škrcením. Ventilátory konvektorů mohou být provozovány zpravidla na troje různé otáčky (ovládáním v místnosti), což umožňuje další regulaci tepelného výkonu změnou průtoku vzduchu.



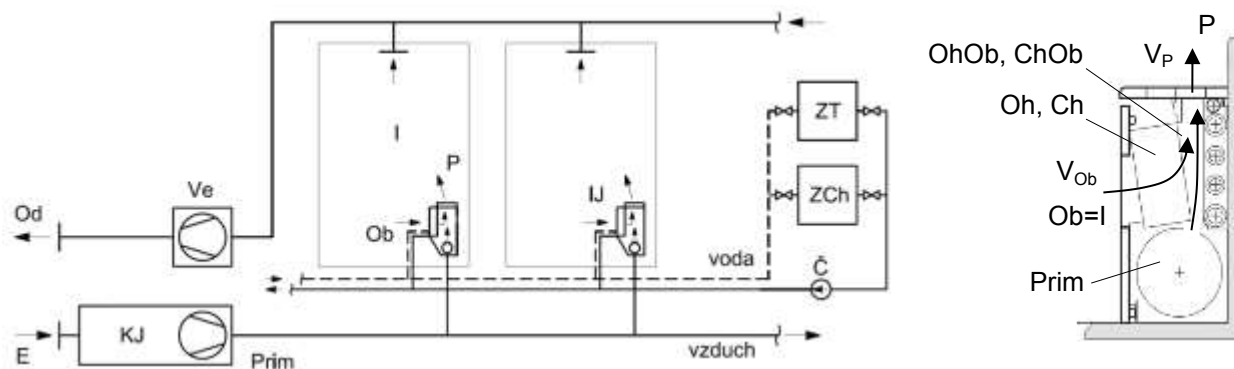
Obr. 5.5 Schéma vodního klimatizačního systému s ventilátorovými konvektory, dvoutrubkový rozvod, ZT – zdroj teplé vody, ZCh – zdroj chladné vody; vpravo: schéma ventilátorového konvektoru, E, Ob, P – vzduch venkovní, oběhový, přiváděný, T,Ch – čtyřtrubkový rozvod teplé a chladné vody, Oh – ohřívač, Ch – chladič

5.7 Kombinovaný klimatizační systém vzduch-voda s indukčními jednotkami

Schéma vícezónového kombinovaného systému vzduch-voda s indukčními jednotkami je na obr. 5.6. V ústřední strojovně se upravuje venkovní (primární) vzduch, jehož průtok je dán hygienickými požadavky, teplota primárního vzduchu se udržuje celoročně konstantní cca 15 °C. V rozsáhlých budovách je výhodné upravovat primární vzduch v samostatných zařízeních pro místnosti orientované na jednu světovou stranu (obvodovou stěnu). Klimatizační jednotka pro úpravu primárního vzduchu obsahuje filtr, vodní ohřívač vzduchu, vodní chladič vzduchu, parní zvlhčovač a ventilátor.

V klimatizovaných místnostech jsou na rozvod primárního vzduchu (vysokotlaký rozvod se středotlakými ventilátory) připojeny vnitřní klimatizační jednotky (indukční jednotky IJ), ve kterých probíhá konečná úprava teploty vzduchu. Indukční jednotky se vyrábí v provedení parapetním i podstropním (chladicí trámce). Primární vzduch se vyfukuje v indukční jednotce tryskami, ejekčním účinkem se přisává z místnosti vzduch oběhový (sekundární). Sekundární vzduch prochází výměníkem (výměníky) tepla, kde se ohřívá nebo chladí a po smíšení se vzduchem primárním se vyfukuje do místnosti. Průtok sekundárního vzduchu bývá dvou až osminásobkem průtoku vzduchu primárního (indukční poměr). Odvod vzduchu se řeší - obdobně jako u vodního systému s ventilátorovými konvektory - buď přímo z místností, případně přetlakem do chodeb. Následně se odsává z hygienických zařízení.

K ohřevu a chlazení v indukčních jednotkách se používá teplá a chladná voda, provedení vodních rozvodů je shodné s rozvody pro vodní systém s ventilátorovými konvektory (dvoutrubkový – obr. 5.5, čtyřtrubkový rozvod), regulace řízením průtoku vody do IJ. Některé typy indukčních jednotek jsou konstruovány s klapkami pro řízení průtoku vzduchu výměníkem (výměníky); na vodní straně se pak regulace neprovádí.



Obr. 5.6 Schéma klimatizačního systému vzduch-voda s indukčními jednotkami, dvoutrubkový rozvod, ZT – zdroj teplé vody, ZCh – zdroj chladné vody; vpravo: schéma parapetní indukční jednotky (čtyřtrubkový rozvod); E, Ob, P, I – vzduch venkovní, oběhový, přiváděný, vnitřní; Oh – ohříváč, Ch – chladič; OhOb, ChOb – stav vzduchu za ohříváčem, chladičem IJ

5.8 Chladivové systémy

Chladivové systémy mají dvě základní provedení:

- split systém, jednozónový
- multisplit systém s proměnným průtokem chladiva, vícezónový.

Hlavní součásti chladivových klimatizačních systémů: a) venkovní jednotka, obr. 5.8 (obvykle umístěná na střeše budovy, u split systémů i na venkovní obvodové stěně), která obsahuje kompresorové chladicí zařízení, výměník tepla chladivo/venkovní vzduch a ventilátor venkovního vzduchu, b) vnitřní jednotky (jednotku), v místnostech (obr. 5.7), obsahující filtr oběhového vzduchu, ventilátor oběhového vzduchu (při přívodu čerstvého venkovního vzduchu do vnitřní jednotky dopravuje ventilátor smíšený vzduch oběhový a venkovní), výměník tepla chladivo/vnitřní vzduch a přívaděcí vyústku. Ventilátor vnitřní jednotky je obvykle dvouotáčkový. Do směšovací komory na vstupu do jednotky může být zaústěn přívod venkovního vzduchu. Konstrukce jednotky je obdobná jako konstrukce ventilátorového konvektoru vodního systému. Venkovní jednotka a vnitřní jednotky jsou propojeny chladivovým potrubím (dvě trubky - pro plynné chladivo, pro kapalné chladivo).

Chladivový systém je určen buď pouze pro chlazení v letním období, nebo i pro ohřev v zimě, kdy kompresorové chladicí zařízení pracuje ve funkci tepelného čerpadla. Při chlazení se ve výměnících vnitřních jednotek vypařuje chladivo, teplem potřebným k odpaření se ochlazuje vzduch proudící jednotkou. Výměník tepla ve venkovní jednotce je provozován jako kondenzátor.

U provedení chlazení/ohřev se provede změna chlazení na ohřev změnou směru průtoku chladiva (přepnutím rozdělovacího ventilu ve venkovní jednotce) tak, že funkce kondenzátoru ve venkovní jednotce se změní na vypařování a výměníky vnitřních jednotek jsou provozovány jako kondenzátory; teplem uvolňovaným při kondenzaci par chladiva se ohřívá vzduch proudící vnitřní jednotkou.

Čerstvý venkovní vzduch, podle hygienických požadavků, se přivádí u vícezónových systémů vzduchovým jednokanálovým systémem, obdobně jako u vodního systému s ventilátorovými konvektory, obr. 5.9. Vzduch se přivádí buď do vnitřních jednotek, nebo samostatnou vyústkou do místnosti. U split systémů (jednozónových), lze připustit přirozené větrání okny.

Split systém (jednozónový).

Systém je určen pro chlazení, případně i ohřev (v provedení s tepelným čerpadlem) jedné zóny – kanceláře, obchodu, bytu. Základ tvoří venkovní jednotka a vnitřní jednotka, regulace tepelného výkonu se provádí podle termostatu v místnosti zapínáním a vypínáním kompresoru venkovní jednotky.

Multisplit systém (vícezónový s proměnným průtokem chladiva)

Na jednu venkovní jednotku KZ je připojen větší počet vnitřních jednotek VJ (30 i více). Výměníky tepla VI ve vnitřních jednotkách jsou opatřeny škrticími ventily pro řízení průtoku chladiva podle termostátů v každé místnosti. Kompresor ve venkovní jednotce je provozován s proměnnými otáčkami (frekvenčním měničem) v závislosti na potřebném chladicím výkonu (podle tlaku chladiva, proměnném podle otevření ventilů vnitřních jednotek).

Systém s proměnným průtokem chladiva (VRV – Variable Refrigerant Volume) se vždy doplňuje vzduchovým jednonálovým systémem pro přívod venkovního vzduchu podle hygienických požadavků. Dispozičně je systém VRV obdobný, jako vodní systém s ventilátorovými konvektory - schéma je na obr. 5.9.

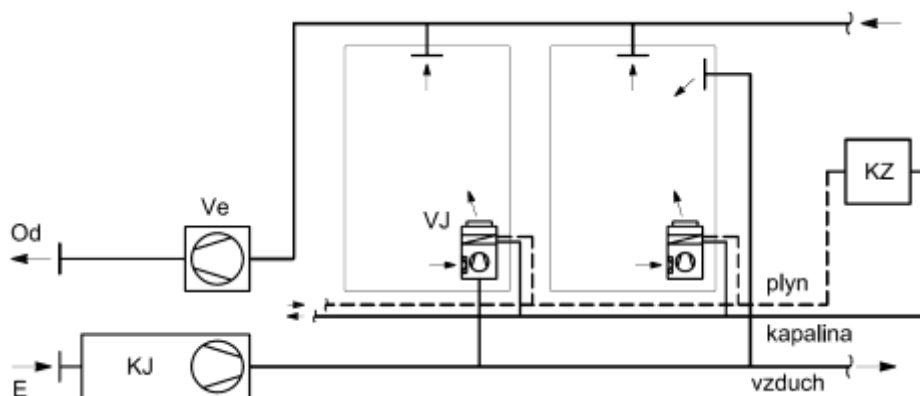
Specifická variantní konstrukce vícezónového chladivového systému umožňuje současný provoz některých vnitřních jednotek na chlazení, jiných na ohřev.



Obr. 5.7 Vnitřní jednotky chladivového klimatizačního systému; vlevo stropní jednotka, vpravo stěnová jednotka (Daikin)



Obr. 5.8 Venkovní jednotky chladivového klimatizačního systému (Daikin)



Obr.5.9 Schéma vícezónového chladivového klimatizačního systému; E, Od – venkovní, odpadní vzduch; VJ – vnitřní jednotka; KZ – kompresorové zařízení (venkovní jednotka), KJ – klimatizační jednotka, Ve – ventilátor

5.9 Chladicí stropy

Chladicí strop umožňuje vytvořit optimální tepelný komfort v administrativních budovách, společenských prostorech bez vysokých nároků na distribuci vzduchu. Systém pracuje s relativně vysokou teplotou chladicí vody (vysokoteplotní chlazení) a ve spojení s možností udržovat vyšší teplotu vzduchu v klimatizovaném prostoru (díky chladicímu účinku sálání stropu) vede jeho uplatnění k nesporným úsporám energie. Základní schéma systému je na obr. 5.11.

Citelná tepelná zátěž prostoru je odváděna velkoplošnými vodou chlazenými panely, které jsou instalovány většinou do podhledů místností, ale mohou být umístěny i přímo ve stropní konstrukci. Paralelně pracující vzduchotechnické zařízení pak může přivádět pouze potřebný, minimální průtok čerstvého venkovního vzduchu a jeho úkolem je pak zejména odvod tepla vázaného ve vodní páře. Pokud chladicí výkon stropu nepostačuje pro odvod tepelné zátěže, doplňuje se chlazení i do přiváděného venkovního vzduchu.

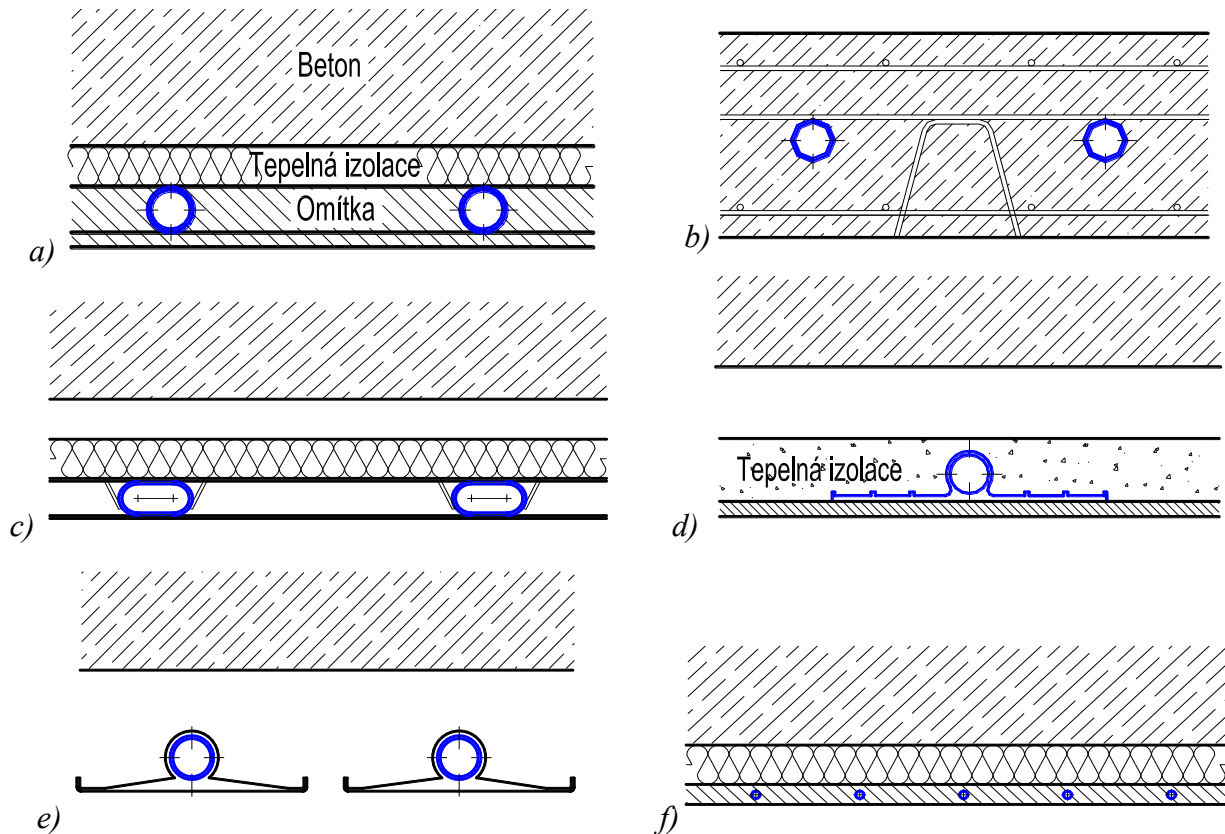
Za výhody systému lze počítat kromě již uvedeného i následující: menší nároky na rozvody vzduchu, příznivé hlukové parametry, odpadá nebezpečí vzniku průvanu, samoregulovatelnost systému, možnost využití i pro vytápění.

K nevýhodám patří: zpravidla vyšší investiční náklady, nebezpečí orosování, neumožňují odvod tepla vázaného ve vodní páře, omezený chladicí výkon.

Riziko kondenzace je u sálavých, chladicích systémů jedním z hlavních omezujících faktorů. Teplota přívodní vody do chladicího stropu se volí tak, aby nedocházelo k orosování povrchu (povrchová teplota panelu musí být vyšší než teplota rosného bodu vzduchu proudícího kolem panelu - zpravidla o 1 K). U lehkých chladicích stropů lze udržovat povrchovou teplotu poměrně snadno. Rychlá odezva systému nedovolí, aby minimální povrchová teplota klesla pod teplotu rosného bodu. To u masivních chladicích stropů není prakticky možné vzhledem k dlouhé době zpoždění. Často se tento problém řeší omezením teploty přívodní vody. V našich podmínkách (v místnostech bez dalších zdrojů vlhkosti) se teplota přívodní vody t_{wI}

volí $\geq 16\text{ }^{\circ}\text{C}$, maximálně $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplotní rozdíl odváděné a přiváděné chladicí vody bývá v rozmezí $2 \leq \Delta t \leq 4\text{ K}$.

Vzhledem k tomu, že sálavé chladicí systémy pracují s poměrně vysokou teplotou chladicí vody (minimálně $16\text{ }^{\circ}\text{C}$), je možné využít zdrojů chladu s nižším potenciálem (vyšší teplotou) - zemní výměníky, podzemní voda, vodní toky.



Obr. 5.10 Schématické řezy základními konstrukcemi chladicích stropů: a) Potrubní systém jako součást stropní konstrukce; b) Aktivní beton; c) Kontaktní chladicí panel umístěný v podhledové konstrukci; d) Sendvičový chladicí panel; e) Lamelový otevřený chladicí strop; f) Kapilární systém umístěný v omítce

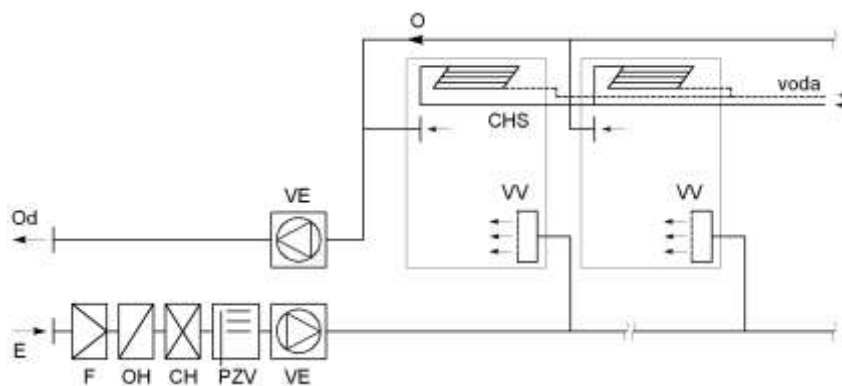
Otevřené chladicí stropy jsou charakteristické svými otvory či mezerami, které umožňují proudění vzduchu až k nosné stropní desce. U otevřených chladicích stropů převažuje konvektivní složka (50 až 60 %) přenosu tepla mezi povrchem chladicího stropu a okolním vzduchem, proto se někdy nazývají *konvektivní*.

Uzavřené chladicí stropy, nazývané také *sálavé*, pracují převážně se sálavou složkou tepelného toku (asi 60 %). Z hlediska tepelného toku by měly být uzavřené chladicí stropy na horní straně vždy izolovány tak, aby nedocházelo ke ztrátě chladicího výkonu. V některých případech může funkci tepelné izolace nahradit vzduchová mezera mezi stropní betonovou deskou a chladicím prvkem. Uzavřené chladicí stropy lze dále rozdělit na masivní a lehké.

Masivní chladicí stropy jsou zpravidla součástí stavební konstrukce. Bývají tvořeny potrubním systémem vloženým buď do betonové stropní konstrukce, nebo pod omítku. **Lehké chladicí stropy** bývají zavěšeny pod stropní konstrukcí zpravidla v podhledu nebo jsou připevněny k hliníkovému rastru pro sádkokarton.

Lehké systémy s minimální akumulací schopností reagují na tepelnou zátěž prakticky bezprostředně. Protipólem jsou masivní systémy s akumulací hmotou (aktivní beton), které mají naopak vysokou akumulací schopnost. Tyto systémy absorbují tepelnou zátěž do akumulací hmoty a až následně jí odvádějí.

Odst. byl zpracován podle materiálů Doc.Ing. V. Zmrhala, Ph.D.



Obr. 5.11 Chladicí strop kombinovaný s přívodem větracího vzduchu, vícezónový systém; CHS – chladicí strop, VV – velkoplošná výusť pro zaplavovací větrání

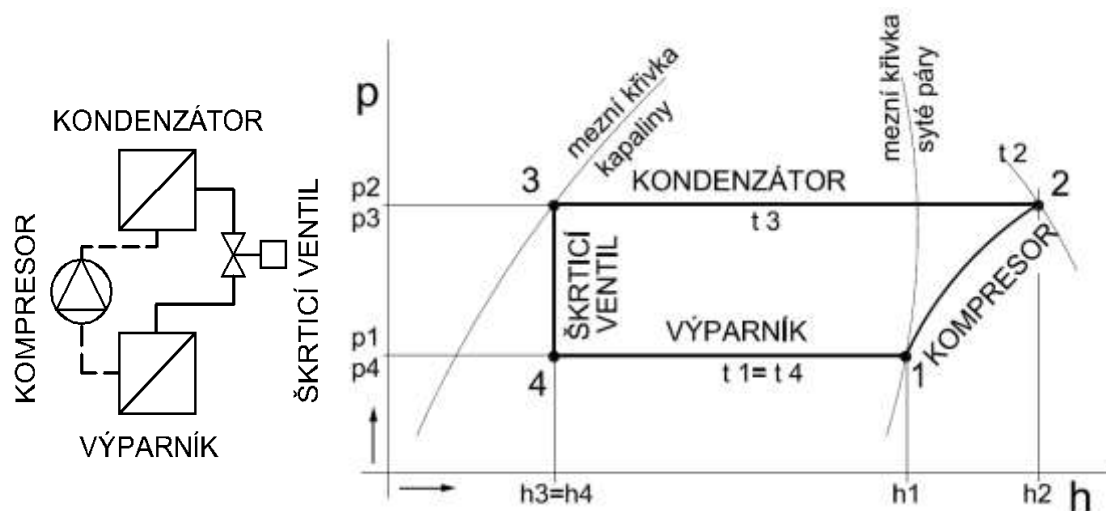
6. Zdroje chladu pro klimatizační zařízení

Jednou ze základních funkcí klimatizačních zařízení je v letním období chlazení. Zdroje chladu pro klimatizační zařízení lze rozdělovat podle řady kritérií. Rozlišují se zařízení založená na oběhu chladiva (absorpční, kompresorová), termoelektrické chlazení (Peltierův článek) a alternativní způsoby chlazení využívající chlad z okolního prostředí, jako je noční chlazení, zemní chlazení či chlazení adiabatické. Většina zdrojů chladu pro klimatizaci pracuje s kompresorovým oběhem chladiva a je mu tak věnována převážná část této kapitoly; ojediněle se používá i absorpčních zařízení.

6.1 Chladivový oběh a chladiva

Kompresorový chladivový oběh (parní oběh) ve zdrojích chladu pro klimatizační zařízení bývá v základním jednostupňovém zapojení (obr. 6.1). Kompresor nasává páry chladiva z výparníku a stlačuje je na kondenzační tlak (p_2), čímž dochází i ke zvýšení teploty par (t_2). Páry jsou přivedeny do kondenzátoru, kde jim chladicí tekutina odebere teplo a páry kondenzují při konstantním tlaku a teplotě (p_3 , t_3). Z kondenzátoru pokračuje kapalné chladivo k expanznímu ventilu, kde dojde ke snížení tlaku (expanzi) a tím i snížení teploty. Ve výparníku se potom při nízké teplotě (t_1) a tlaku (p_1) chladivo vypařuje a odebírá teplo chlazené tekutině. Množství energie odebrané chlazené látce lze stanovit z rozdílu entalpie chladiva před a za výparníkem ($h_1 - h_4$) a množství energie předané chladicí látce je dáno rozdílem entalpií v kondenzátoru ($h_3 - h_2$). Rozdíl entalpií na kompresoru ($h_2 - h_1$) odpovídá energii dodané pro chod oběhu.

Konkrétní podoba oběhu, tlaky a teploty záleží na použitém chladivu.



Obr. 7.1 Schéma kompresorového chladivového oběhu a jeho znázornění v p-h diagramu

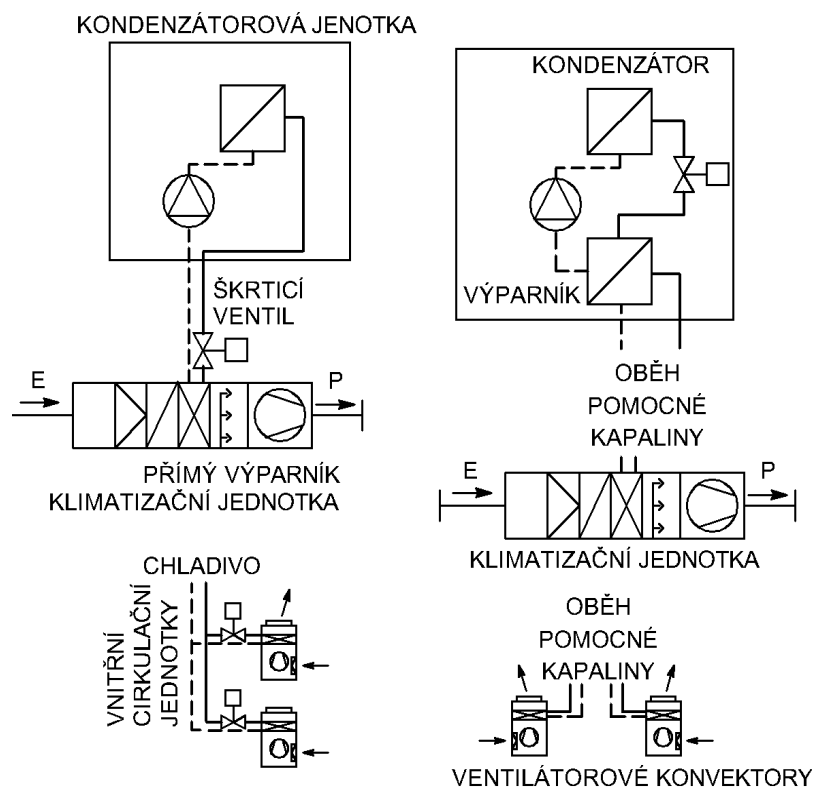
V základním režimu chlazení odebírá výparník teplo teplotonosné látky, a to buď přímo vzduchu (přímý výparník), nebo pomocné kapaliny (většinou vodě), která potom slouží k ochlazení vzduchu pro klimatizaci. Z kondenzátoru musí být teplo odváděno nejčastěji do venkovního prostředí. Konstrukčně se zdroje chladu liší právě tím, jak je přenos tepla na výparníku a kondenzátoru uskutečněn a jak je celý zdroj konstruován. V případě, že je použito přímého výparníku (výměník chladivo / vzduch), ať už v centrální klimatizační

jednotce nebo ve vnitřních cirkulačních jednotkách chladivových systémů, je zdrojem chladu tzv. **kondenzátorová jednotka** propojená s výparníkem oběhem chladiva (obr. 6.2 vlevo).

Zdroje chladu, ve kterých výparník ochlazuje teplotně nosnou látku (většinou vodu), se někdy označují jako **zdroje chladné vody** a často se nesprávně používá i v češtině jejich anglického názvu Chiller (obr. 7.2 vpravo). Teplotně nosná látka pak odebírá teplo vzduchu v chladiči klimatizační jednotky nebo v chladičích cirkulačních jednotek (např. ventilátorových konvektorech), případně přímo z klimatizovaného prostoru (např. u chladičích stropů). Tato teplotně nosná látka je v této kapitole označována jako chlazená voda.

Podle způsobu odvodu kondenzačního tepla se rozlišují kondenzátory chlazené vzduchem, vodou nebo adiabaticky chlazené kondenzátory.

Zdroje chladu mohou být konstruovány jako **kompaktní** (úplné chladičí zařízení), **kondenzátorové jednotky** (kondenzátor, kompresor), **výparníkové jednotky** (kompresor, škrticí ventil, výparník) a sestavná zařízení, kdy je dodáván každý díl samostatně.



Obr. 7.2 Schéma kondenzátorové jednotky (vlevo) a zdroje chladné vody (vpravo)

Chladiva

Chladivo je pracovní látkou chladivového oběhu, které mění své skupenství z kapalného na plynné a naopak. Chladiva lze dělit dle původu na přírodní (voda, oxid uhličitý, čpavek) a syntetická (halogenované uhlovodíky). Dále lze chladiva dělit na jednosložková a směsi buď zeotropické (fázová změna probíhá v určitém rozsahu teplot), nebo azeotropické (fázová změna probíhá za konstantního tlaku a teploty). Velkou roli hraje nyní i vliv chladiva na životní prostředí při jeho úniku. Nebezpečný je především potenciál rozkladu ozónu ODP,

chladiwa s tímto potenciálem se nadále nesmějí v Evropské unii používat. Posuzuje se i potenciál globálního oteplování země GWP vztažený k CO₂ (v daném časovém horizontu obvykle 100 let), chladiwa s vysokým GWP potenciálem nejsou též z dlouhodobého hlediska perspektivní.

Tab. 6.1 Přehled chladiv pro klimatizační zařízení

Označení	Chemické	Druh		ODP	GWP	Hořlavé	Toxické
R22	CHClF ₂	jedno.	HCFC	0,050	1 700	ne	slabě
R134a	CH ₂ FCF ₃	jedno.	HFC	0	1 300	ne	slabě
R404A	R125/143a/134a (44/52/4)	jedno.	HFC	0	3 784	ne	slabě
R407C	R32/125/134a (23/25/52)	azeo.	HFC	0	1770	ne	slabě
R410A	R32/125 (50/50)	azeo.	HFC	0	2088	ne	slabě
R32	CH ₂ F ₂	jedno.	HFC	0	675	slabě	slabě
R290	C ₃ H ₈	jedno.	přír.	0	3	silně	slabě
HFO-1234ze		jedno.	HFC	0	1	slabě	slabě
R744	CO ₂	jedno.	přír.	0	1	ne	ne
R717	NH ₃	jedno.	přír.	0	0	slabě	ano

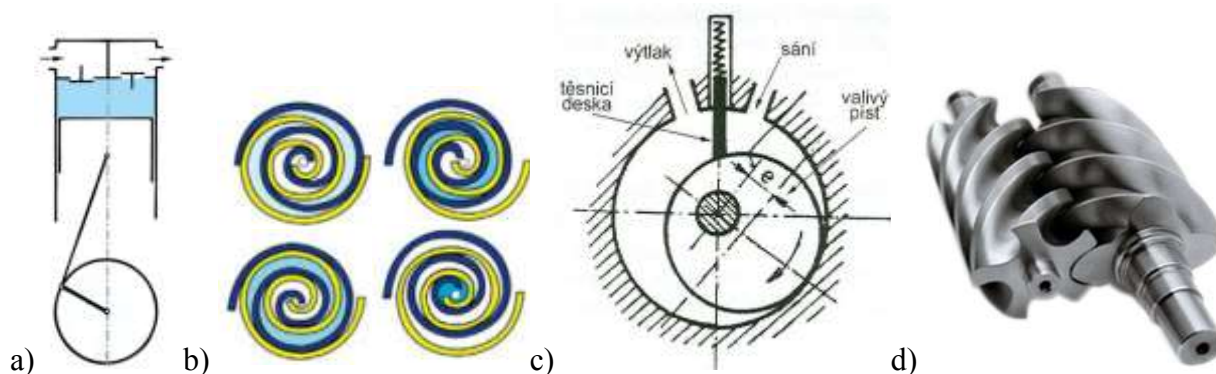
V nynější době je stále v provozu řada zdrojů chladu pro klimatizace s chladivem R22, ale toto chladivo se pro nová zařízení již několik let nepoužívá a po roce 2015 by už neměla být zařízení s tímto chladivem ani servisována. Stávající zdroje chladu používají chladiwa R407c, R410A a R134a. Tato chladiwa mají však značně vysoký GWP potenciál a hledá se jejich náhrada. Proti použití oxidu uhličitého (R744), který by byl jako přírodní chladivo velmi vhodný, hovoří fakt, že vyžaduje vysoký tlak na kondenzátoru a má proto vysokou spotřebu energie kompresoru, a nízký chladicí faktor. Čpavek (R717) se příliš nehodí pro svou toxicitu a propan (R290) pro vysokou hořlavost. Zatím se neví, jaké chladivo budou zdroje chladu do budoucna používat, ale v tuto chvíli je nejpravděpodobnější HFO-1234ze a R32. Chladivo R407C se nyní používá u poměrně malého množství zdrojů malých výkonů, pro zdroje malých výkonů se používá především chladivo R410A a pro zdroje větších výkonů chladivo R134a.

Kompresory

Kompresor zajišťuje v chladivovém oběhu zvýšení tlaku par chladiva z vypařovacího na kondenzační tlak. Rozlišujeme objemové kompresory, pracující na principu zmenšení pracovního objemu (pístové, spirálové, šroubové), nebo kompresory rychlostní, využívající dynamického účinku plynu (turbokompresory).

Pístové kompresory se v klimatizaci používají především u menších zařízení do výkonu stovek kW bez regulace průtoku chladiva. Pro vratný pohyb pístu, který stlačuje chladivo, slouží většinou klikový mechanismus nebo excentr. Mezi přednosti pístových kompresorů

patří zvládnutá výrobní technologie klikového mechanismu a v případě polohermetických verzí i opravitelnost.



Obr. 7.3 a) Pístový kompresor, schéma, b) schéma funkce spirálového kompresoru, c) schéma funkce kompresoru s rotujícím pístem, d) šroubový kompresor

Spirálové kompresory (scroll) nacházejí uplatnění především u menších zdrojů chladu s regulací průtoku chladiva. V kompresoru se pohyblivý rotor odvaluje po pevném rotoru a směrem z obvodu do středu rotorů postupně stlačuje páry chladiva v meziorotorovém prostoru. Tvar rotorů a jejich velikost zároveň určuje kompresní poměr a objem nasátého chladiva. Protože dochází ke stlačování par chladiva v jednom směru, není u spirálového kompresoru uváděn škodlivý prostor, který snižuje u pístových kompresorů účinnost. Další výhodou těchto kompresorů je malý počet pohyblivých dílů, což má vliv na životnost a spolehlivost kompresoru. Plochá výkonová křivka, čili poměrně malý pokles výkonu s klesajícím sacím tlakem, a výhodné energetické vlastnosti (tj. vysoký chladicí faktor) výrazně přispívají k širšímu uplatnění těchto kompresorů. Nevýhodou spirálových kompresorů je jejich omezený výkon, proto zdroje chladu větších výkonů mají větší počet těchto kompresorů. Další nevýhodou je poměrně složitá výroba, která není možná bez číslicově řízených obráběcích strojů.

Kompresor s rotujícím pístem je typický pro malé klimatizační jednotky typu split. Píst ve tvaru válce se v tomto typu kompresoru odvaluje po stěně pracovního válce a vytlačuje před sebou páry chladiva. Prostor vysokého a nízkého tlaku je oddělen pohyblivou těsnicí deskou.

Šroubové kompresory se používají ve zdrojích chladu s větším výkonem. Díky vysoké obvodové rychlosti rotorů (troj až dvacetinásobná v porovnání pístovými kompresory) jsou šroubové kompresory výrazně menší. Šroubové kompresory se vyrábějí jako dvourotorové nebo jednorotorové. Při odvalování dvou šroubových těles s nestejným počtem zubů dvourotorového kompresoru se otevírá prostor mezi šrouby a nasávají se páry chladiva; jak se pak prostor postupně uzavírá, jsou páry stlačovány. Hlavní výhodou šroubového kompresoru jsou malé rozměry a malý počet pohyblivých částí kompresoru. Nevýhodou je zejména vestavěný kompresní poměr, náročnost mazacího systému a axiální zatížení ložisek kompresoru.

Turbokompresory jsou nyní pro zdroje chladu velkých výkonů alternativou šroubových kompresorů. Plynu v pohyblivém lopatkovém kole turbokompresoru je dodána kinetická energie, která se v nepohyblivém lopatkovém kole převádí na tlakovou. Turbokompresory se

obecně dělí na axiální, radiální a diagonální podle charakteru proudění par chladiva oběžným kolem nebo více oběžnými koly. Turbokompresory používané ve zdrojích chladu pro klimatizaci mají většinou magnetická ložiska a tím eliminují potřebu oleje pro mazání kompresoru. Pořizovací náklady tohoto typu kompresorů jsou sice vyšší, ale výhodou turbokompresorů je výrazný nárůst chladicího faktoru při částečném zatížení, ke kterému dochází v klimatizaci často.

Kompresory je možno dělit podle spojení s pohonem na ucpávkové, polohermetické a hermetické.

6.2 Chladicí faktor

Chladicí faktor zdroje chladu s kompresorovým parním oběhem je definován jako poměr chladicího výkonu Q_N ku elektrickému příkonu zdroje P_N . Pro takto definovaný výkonový koeficient se nyní u zdrojů chladu používá zkratka *EER* (EnergyEfficiency Ratio).

$$EER = \frac{Q_N}{P_N} = (-)$$

V případě kompaktního zdroje se vzduchem chlazeným kondenzátorem jsou součástí zdroje i ventilátory pro odvod kondenzačního tepla. Je-li jejich příkon zahrnut do příkonu zdroje chladu je to třeba zohlednit v chladicím faktoru zdroje.

Při posuzování energetické náročnosti klimatizace – chlazení budov je třeba zohlednit nejen spotřebu el. energie kompresoru, ale i spotřeby ostatních zařízení chladicího systému, jako jsou oběhová čerpadla chladicí a chlazené vody a ventilátory pro odvod kondenzačního tepla.

Již několik let se provádí klasifikace výrobků podle certifikačního programu Eurovent. Ten platí pro vzduchem chlazené zdroje chladné vody do výkonu 600 kW a vodou chlazené zdroje do výkonu 1 500 kW. Posuzuje se chladicí faktor kompaktní jednotky pro přípravu chladné vody s kompresorovým oběhem a interními nebo externími kondenzátory. *EER* je definován jako poměr získaného chladu k příkonu jednotky, do kterého se nezahrnuje spotřeba externích oběhových čerpadel a ostatních externích zařízení (např. regulace).

Pro potřeby klimatizace v režimu chlazení je chladicí faktor *EER* měřen při teplotě chlazené vody 7/12 °C; u vzduchem chlazených kondenzátorů je teplota chladicího vzduchu 35 °C, u vodou chlazených kondenzátorů je teplota chladicí vody 30/35 °C.

Tab. 6.2 Klasifikace EER zdrojů chladu pro klimatizaci v režimu chlazení

Třída <i>EER</i>	Vzduchem chlazené kondenzátory	Vodou chlazené kondenzátory	Výparníková jednotka s externím kondenzátorem
A	≥3,1	≥5.05	≥3,55
B	2,9÷3,1	4,65÷5,05	3,4÷3,55
C	2,7÷2,9	4,25÷4,65	3,25÷3,4
D	2,5÷2,7	3,85÷4,25	3,1÷3,25
E	2,3÷2,5	3,45÷3,85	2,95÷3,1
F	2,1÷2,3	3,05÷3,45	2,8÷2,95
G	≤2,1	≤3.05	≤2,8

Klasifikace podle této normy (certifikačního programu Eurovent) umožňuje snadno srovnávat různé zdroje chladu z pohledu chladicího faktoru. Důraz na snižování spotřeby energie vede řadu výrobců k optimalizaci svých výrobků. To se projevuje především většími kondenzátory, plynulou regulací kompresorů a ventilátorů i optimalizací ovládání elektronických škrticích ventilů pro dosažení maximálního chladicího faktoru.

Pro komplexní hodnocení provozu zařízení je vhodné vycházet nejen z chladicího faktoru při plné zátěži, ale měl by být posouzen i chladicí faktor při částečné zátěži. Ten může být výrazně vyšší především u zařízení s plynulou regulací výkonu. Naproti tomu u zařízení bez regulace výkonu může být chladicí faktor při částečném zatížení díky příkonu ventilátorů i nižší, než chladicí faktor při jmenovitém výkonu. Evropský sezónní chladicí faktor dle Eurovent (*ESEER*) se vypočítá podle rovnice:

$$ESEER = 0,03 \cdot EER_{100\%} + 0,33 \cdot EER_{75\%} + 0,41 \cdot EER_{50\%} + 0,23 \cdot EER_{25\%}$$

kde $EER_{X\%}$ je chladicí faktor při Xprocentní zátěži (chladicím výkonu) určený pro podmínky dle následující tabulky.

Tab. 6.3 Parametry pro vyhodnocení ESEER

Procento zatížení	Teplota chladicího vzduchu (°C)	Teplota chladicí vody (°C)	Koeficient v rovnici
100	35	30	3 %
75	30	26	33 %
50	25	22	41 %
25	20	18	23 %

Hodnocení výrobků podle certifikačního programu Eurovent je dobrovolné a zdaleka ne všichni výrobci ho uvádějí. Evropská komise proto připravila hodnocení výrobků podle sezónního chladicího faktoru *SEER*. *SEER* se vyhodnocuje podobně jako *ESEER* z chladicích faktorů při různém zatížení, ale mírně se liší jak váhové koeficienty, tak způsob stanovování dílčích chladicích faktorů. Uvádění *SEER* je zatím povinné pouze u klimatizačních zařízení a zdrojů chladu do 12 kW výkonu; pro větší zařízení je teprve v přípravě.

6.3 Vodou chlazené kondenzátory

Vodou chlazené kondenzátory jsou výměníky chladivo-voda. Voda (často nemrznoucí směs) je pouze teplotonosnou kapalinou, která odvádí kondenzační teplo od kondenzátoru do dalšího procesu, kde je teplo předáno do venkovního prostředí nebo do země či k dalšímu využití. Tato voda pro odvod kondenzačního tepla je v této kapitole označována jako chladicí voda.

Údržba vodou chlazených kondenzátorů je velmi důležitá. Základním problémem je tvoření nánosů. Nové výměníky mají většinou nižší kondenzační teploty. Následkem postupného zanášení roste teplota. Při údržbě kondenzátorů je rovněž třeba zvolit vhodnou periodu čištění teplosměnných ploch. Vhodná úprava vody může napomoci ke snížení potřeby čištění. Samotné čištění se provádí jak mechanicky (pomocí mechanických kartáčů u trubkových

výměníků), tak chemicky. V některých výměnících jsou osazeny čistící kartáče poháněné proudem vody, která periodicky mění směr.

Odvod kondenzačního tepla

Pro návrh vodou chlazeného kondenzátoru je však rozhodující teplota chladicí vody. Ta závisí na způsobu odvodu kondenzačního tepla z této vody. Jsou čtyři základní možnosti: chlazení vody venkovním vzduchem (tzv. suché chladiče), adiabatické chlazení chladicí vody v chladicích věžích, použití hlubinné, či povrchové vody a případně využití kondenzačního tepla v systému pro vytápění, ohřev TUV apod.

U **suchých chladičů** voda – vzduch, je teplota vody dána maximálními teplotami venkovního vzduchu a dosahuje 40 až 50°C. Voda slouží pouze k odvodu kondenzačního tepla od kondenzátoru k suchému chladiči a díky dvojitému předávání tepla (chladiivo-voda, voda-vzduch) je následně kondenzační teplota vyšší než u přímého vzduchem chlazeného kondenzátoru.

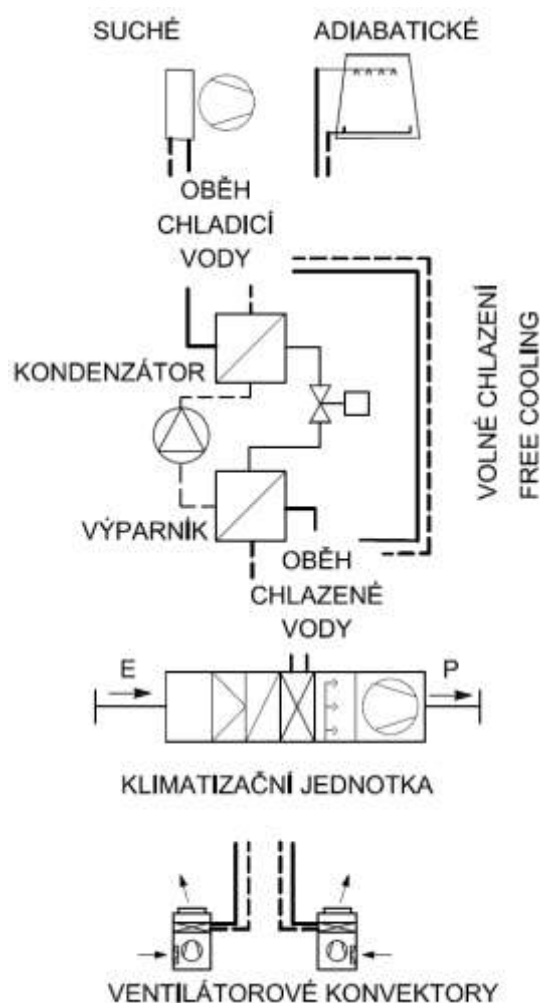
Další možností je mokré **adiabatické chlazení**, kdy je voda přímo nebo nepřímo chlazená adiabaticky v chladicích věžích. Adiabatické chlazení vody umožňuje přípravu chladicí vody o teplotách blízkých teplotě mokrého teploměru.

Teploty mokrého teploměru jsou u nás po většinu léta běžného roku nižší než 20 °C a ani v extrémním roce, jako byl například rok 2003, nepřekročily 25 °C. Proto teplota chladicí vody bývá při adiabatickém chlazení 20 až 30 °C. Nevýhodou adiabatického chlazení je mokrá provoz vyžadující častější údržbu.

Pro chlazení kondenzátorů lze využít i povrchové vody z řek, potoků, studní či zemních výměníků. Teplota chladicí vody kondenzátoru pak může být ještě nižší než při adiabatickém chlazení, obvykle 10 až 20 °C.

V případě využití kondenzačního tepla k vytápění či přípravě teplé užitkové vody je třeba řádně posoudit současnost potřeby chlazení a tohoto vytápění a vhodně navrhnout akumulaci tepla či chladu (akumulační zásobníky teplé či chladné vody).

Další nespornou výhodou vodou chlazených kondenzátorů je možnost využití **volného chlazení** (tzv. free-cooling). Při nižších teplotách venkovního vzduchu a nižších požadavcích na chlazení lze propojit přímo vodní okruh pro odvod kondenzačního tepla s vodním chladicím okruhem pro chladič



Obr. 7.4 Schéma volného chlazení

v klimatizační jednotce, který je standardně chlazen výparníkem, a chladit bez kompresorového cyklu. Většinou je toto propojení realizováno přes výměník, neboť na straně kondenzátorů se často používají nemrznoucí směsi a i tlakové poměry mohou být rozdílné. Toto volné chlazení nachází v klimatizaci uplatnění především v přechodném období, kdy venkovní teploty dosahují cca 10-15 °C, a také pro chlazení technologických zátěží, které vyžadují chlazení i při nízkých venkovních teplotách.

6.4 Vzduchem chlazené kondenzátory

Vzduchem chlazené kondenzátory jsou výměníky chladivo-vzduch, kde kondenzační teplo z chladiva je odváděno venkovním tepelně neupraveným vzduchem. Existují ve dvou základních provedeních, a to jako externí, umístěné mimo zdroj chladu, nebo jako interní, které jsou součástí zdroje chladu umístěného ve venkovním prostředí nebo ke kterému je vzduch doveden vzduchovody.

Provedení zdrojů chladu s **interními, vzduchem chlazenými kondenzátory** je standardním řešením kompaktních jednotek s menšími výkony. Tyto jednotky bývají obvykle umístěny na střeše budovy. Konstrukci výměníků chladivo-vzduch tvoří většinou měděné trubky s hliníkovými lamelami. Tyto výměníky jsou ploché či ohnuté, a to z důvodu maximálního využití obvodu jednotky - pro výkony do cca 50 kW (obr. 6.5 vlevo), případně pro několikamodulové jednotky (obr. 6.5 uprostřed). Pro větší výkony nad 100 kW se pak často používá provedení kondenzátorů „V“ s kompresory v dolní a oběhovými ventilátory v horní části jednotky (obr. 6.5 vpravo).

Na trhu existují již i hliníkové kondenzátory s neokružným průřezem trubek, tzv. mikrokanály, které mají menší objem trubek a tudíž i menší objem chladiva, ale větší teplosměnné plochy. Při stejných vnějších rozměrech umožňují předat větší tepelné výkony. Výhodou těchto výměníků je i nižší hmotnost a stejný materiál trubek i žeber.



Obr. 6.5 Zdroje chladu s interními, vzduchem chlazenými kondenzátory

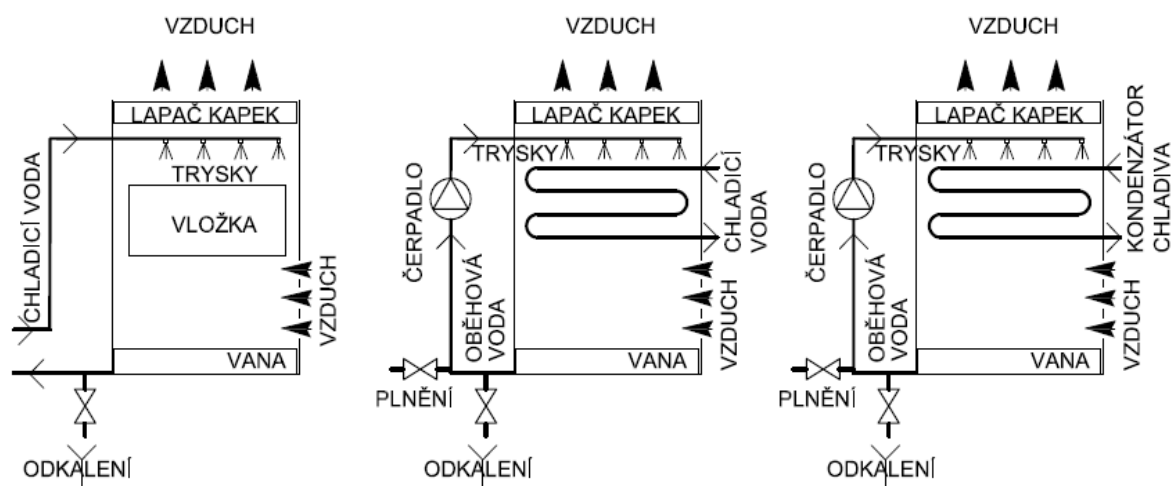
Oběh vzduchu zajišťuje většinou axiální ventilátor osazený za výměníkem nebo v horní části jednotky. Jen pro jednotky s přívodem vzduchu potrubím se vzhledem k vyšším tlakovým ztrátám používá ventilátorů radiálních. Pro celkový chladicí faktor zdrojů chladu je velmi důležitá i spotřeba el. energie těchto oběhových ventilátorů. Výrazných úspor energie lze docílit regulací výkonu ventilátorů (otáček) dle potřeby a úspornými EC motory.

Externí kondenzátory se svojí konstrukcí výrazně neliší od výměníků používaných v kompaktních jednotkách. Základní provedení je ploché horizontální či vertikální s přilehlým ventilátorem nebo „V“ osazení s ventilátory nad výměníky.

V kompaktních vzduchotechnických jednotkách, kde je větší podíl čerstvého vzduchu, se někdy osazují kondenzátory přímo do proudu odpadního vzduchu. Toto řešení je výhodnější v extrémních klimatických podmínkách, kdy je teplota odváděného vzduchu nižší než teplota venkovního vzduchu. Takto osazené chladicí zařízení je vlastně jakýmsi zpětným získáváním chladu. Nicméně v našich klimatických podmínkách je většinu léta teplota venkovního vzduchu nižší než teplota vzduchu uvnitř budovy a osazení kondenzátoru do odpadního vzduchu pak nemá výrazný energetický přínos.

6.5 Adiabatické chlazení kondenzátorů

Třetí možností chlazení kondenzátorů je adiabatické chlazení. Při adiabatickém chlazení dochází při rozstřikování vody do vzduchu k odparu vody z povrchu kapek. Tím se mění vázané teplo na teplo citelné a vzduch i kapky se ochlazují. Ochlazení je limitováno stavem nasycení, který odpovídá teplotě mezního adiabatického ochlazení, resp. teplotě mokrého teploměru. Vzhledem k tomu, že klima v České republice je teplé a polosuché, je potenciál pro adiabatické chlazení poměrně značný. Jak již bylo zmíněno v odstavci zabývající se adiabatickým chlazením vody, maximální teplota mokrého teploměru je v běžném roce 20 °C a v extrémním roce 25 °C. Proto mají kondenzátory chlazené vzduchem, který byl adiabaticky ochlazen, nebo přímo osazené do chladicích věží nižší kondenzační teploty než suché vzduchem chlazené kondenzátory. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, lze adiabaticky připravovat chladicí vodu i pro vodou chlazené kondenzátory. Na obrázku 6.6 je znázorněno schéma chladicí věže pro přímé (vlevo) a nepřímé (uprostřed) adiabatické chlazení vody pro odvod kondenzačního tepla. Vpravo je na obrázku schéma chladicí věže s integrovaným kondenzátorem.



Obr. 6.6 Schéma chladicích věží

Při adiabatickém chlazení se část vody odpařuje, a tím dochází k narůstání koncentrací minerálů a solí ve vodě rozpuštěných, sprchováním se do vody zachycují i nečistoty z venkovního vzduchu. Proto je třeba pravidelné odkalování a dopouštění vody. Je třeba též zajistit protimrazovou ochranu věží v zimním období, většina systémů se na zimu vypouští.

Nevýhodou mokrého chlazení je nutnost vodního hospodářství a větší nároky na údržbu a provoz zařízení. To bylo jedním z hlavních důvodů, proč bylo v poslední době výrazně více používáno suchých, vzduchem chlazených kondenzátorů. Na druhé straně vzhledem k většímu důrazu na spotřeby el. energie a zvyšování chladicího faktoru zdrojů chladu můžeme opět sledovat určitý nárůst zájmu o adiabatické chlazení. Kromě klasických chladicích věží dle obrázku 6.6 se objevují i aplikace kombinující suché a mokré chlazení. V takových zařízeních je adiabatické předchlazení vzduchu v provozu pouze v době vysokých venkovních teplot vzduchu ($t_e > 26$ °C). Tím se snižuje spotřeba vody oproti kondenzátorům s čistě adiabatickým chlazením. Vyskytují se i aplikace, kde se nepoužívá chladicích věží, ale suchých chladičů doplněných o systém trysek. Pro tyto systémy je ale vhodnější používat upravenou (demineralizovanou vodu), protože na výměnících se jinak usazují minerály z vypařené vody a zhoršuje se jejich funkce.

6.6 Regulace zdrojů chladu

Zdroj chladu musí být regulován tak, aby jeho výkon odpovídal potřebě chladu pro klimatizaci objektu. Základní regulace vypnuto/zapnuto může být použita pouze pro menší výkony. Pro větší výkony je třeba alespoň několikastupňová regulace. U zařízení s přímým výparníkem je vhodné rozdělení větších chladičů na několik samostatných okruhů s vlastním škrticím ventilem nebo osazení elektronického expanzního ventilu a použití kondenzační jednotky s proměnným průtokem chladiva. U zdrojů chladu pro přípravu chlazené vody lze do oběhu chlazené vody osadit dostatečně dimenzovanou akumulaci nádobu, která zajistí vyrovnaní výroby a potřeby chladu.

7. Zpětné získávání tepla

Zpětné získávání tepla by mělo být součástí všech větracích a klimatizačních zařízení, která jsou určena k celoročnímu provozu s přívodem venkovního vzduchu a u kterých je to technicky možné.

ZZT lze v základě dělit na systémy:

- **Rekuperační**, kde se teplo předává mezi přiváděným venkovním vzduchem a odváděným vzduchem přímo přes stěnu výměníku. Mezi rekuperační systémy patří především deskové a trubkové výměníky.
- **Regenerační**, kde se teplo z odváděného vzduchu předá do akumulaci hmoty a z ní se pak teplo uvolňuje do přiváděného venkovního vzduchu. Regenerační systémy jsou výměníky rotační, přepínací.
- **S pomocnou tekutinou**, kde se teplo z odváděného vzduchu předává do pomocné tekutiny a z ní pak do přiváděného venkovního vzduchu. S pomocnou tekutinou pracují výměníky s kapalinovým oběhem, trubice s přirozeným oběhem chladiva (tepelné trubice) a chladičové systémy s kompresorem (tepelná čerpadla).

Výměníky ZZT mohou být dodávány samostatně pro montáž do potrubí, jako součástí kompaktních klimatizačních či větracích jednotek nebo jako komory sestavných jednotek.

Všechny konstrukce ZZT kromě výměníků s pomocnou kapalinou vyžadují těsnou blízkost přívodu a odvodu vzduchu.

Před výměníky ZZT na přiváděném venkovním vzduchu i na odváděném vzduchu je třeba umístit filtry pro zamezení zanášení výměníků. K výměníkům ZZT by měl být umožněn přístup a má se provádět jejich kontrola a případné čištění, obzvláště při provozu ve znečištěném prostředí. Výměníky ZZT mají nezanedbatelné tlakové ztráty, které je třeba zohlednit při dimenzování ventilátorů.

Některá zařízení pro zpětné získávání tepla přenášejí do přiváděného venkovního vzduchu pouze citelné teplo a některá mohou předávat i vodní páru, tudíž teplo vázané. Ohřev vzduchu zpětným získáváním tepla bez přenosu vlhkosti je shodný jako pro ohřivače vzduchu. V ZZT se zpětným získáváním vlhkosti je přiváděný venkovní vzduch ohříván a zvlhčován, směr změny záleží na teplotním faktoru Φ a vlhkostním faktoru Ψ , ze kterých se vypočítá teplotní rozdíl Δt_e a rozdíl vlhkostí Δx_e . Bezrozměrný teplotní faktor je definován jako:

$$\Phi_e = \frac{\Delta t_e}{\Delta t_{\max}} = \frac{t_{e2} - t_{e1}}{t_{o1} - t_{e1}}$$

a bezrozměrný vlhkostní faktor jako:

$$\Psi_e = \frac{x_{e2} - x_{e1}}{x_{o1} - x_{e1}}$$

kde index e značí venkovní vzduch, index o odváděný vzduch, index 1 stav před a index 2 stav za ZZT.

Tepelný tok předaný ZZT bez přenosu vlhkosti se vyjádří z rovnice

$$Q = V_e \cdot \rho_e \cdot c \cdot (t_{e2} - t_{e1}) = V_e \cdot \rho_e \cdot (h_{e2} - h_{e1}) = V_i \cdot \rho_i \cdot (h_{i1} - h_{i2})$$

Regulace ZZT se provádí buď obtokem u trubkových výměníků, deskových výměníků a tepelných trubec, nebo přímo zásahem do provozu ZZT u rotačních, přepínacích výměníků a zařízení s pomocnou kapalinou. Vypnutí ZZT je třeba především v části léta a přechodného období, kdy je jeho provoz nežádoucí.

Především u deskových výměníků, je třeba zajistit ochranu proti námraze a odvod kondenzátu. Tlakové poměry mezi proudy vzduchu v ZZT jsou důležité především pro rotační výměníky (přetlak na straně přiváděného vzduchu) a částečně i pro deskové a trubkové (nepřekročit max. rozdíl tlaků).

8. Ventilátory

Pro větrací a klimatizační zařízení se používá řada typů ventilátorů. Axiální ventilátory se uplatní pro nucený odvod, případně přívod tepelně neupraveného vzduchu. Diametrální ventilátory jsou součástí některých parapetních či nástěnných cirkulačních jednotek. Pro rozsáhlejší zařízení s úpravou vzduchu se však nejčastěji používají **ventilátory radiální** nízkotlaké, někdy i středotlaké.

Funkcí ventilátoru ve větracím nebo klimatizačním zařízení je doprava vzduchu do větraného prostoru. Ventilátor musí zajistit dostatečný tlakový rozdíl (celkový dopravní tlak) pro pokrytí tlakových ztrát jak vzduchotechnické jednotky, tak rozvodů vzduchu a jeho distribuce v prostoru. **Pracovní bod** ventilátoru je průsečíkem **charakteristiky ventilátoru** a charakteristiky potrubní sítě, do které musí být zahrnuty všechny výše zmíněné odpory. Na obrázku 8.1 je čárkovane znázorněn podíl klimatizační jednotky na tlakových ztrátách (charakteristika sítě o tlakové ztrátě výhradně klimatizační jednotky).

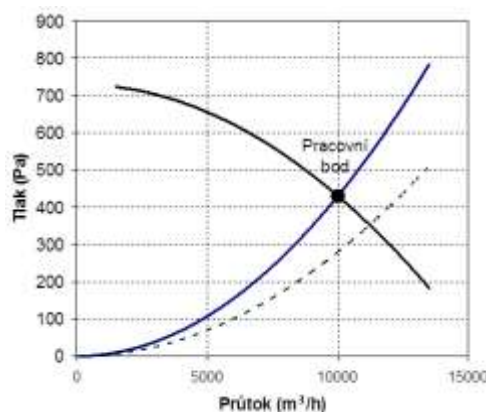
Ventilátory se umísťují jak samostatně do potrubí, tak do ventilátorových komor klimatizačních jednotek sestavných či do jednotek kompaktních. Ventilátor, jakožto rotační stroj, se při provozu chvěje. Proto by měl být vždy uložen pružně, aby nedocházelo k přenosu chvění na jednotku a potrubí. Ventilátor je zdrojem **hluku**, který se šíří do potrubní sítě i do okolí. Z tohoto důvodu je třeba zajistit tlumení hluku, a to tlumiči v potrubní síti či jednotce a také hlukovou izolací komory, ve které je ventilátor umístěn.

Základními částmi ventilátoru jsou rotor, skříň, základový rám a pohon s převodovým ústrojím. Elektromotor je s ventilátorem spojen buď řemenicí, nebo spojkou. V případě malých ventilátorů bývá oběžné kolo nasazeno přímo na čepu hřídele elektromotoru. V poslední době nacházejí v klimatizačních jednotkách stále širší uplatnění ventilátory s volným oběžným kolem, bez spirální skříně, které mají vyšší účinnosti při regulaci průtoku změnou otáček.

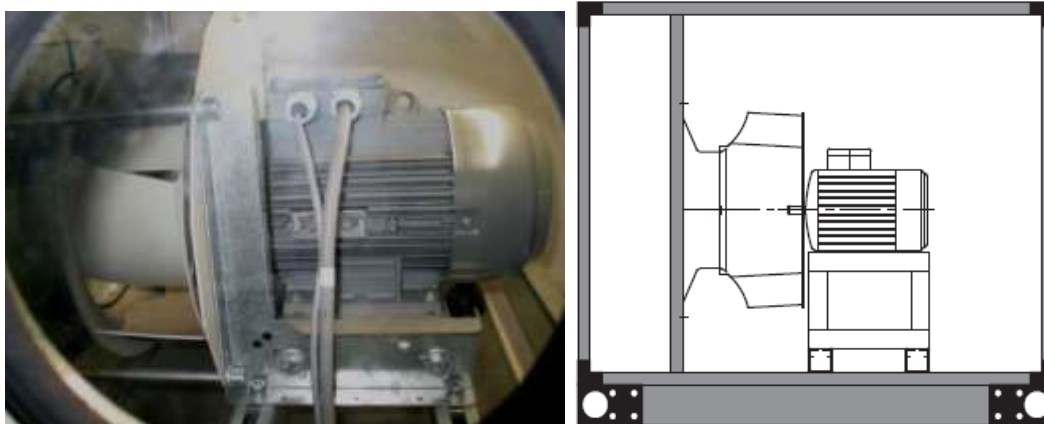
Regulace průtoku vzduchu ventilátorem se provádí změnou otáček ventilátoru, tím se posouvá charakteristika ventilátoru. Průtok vzduchu je možné regulovat i škrcením nebo obtokem, ale tyto způsoby regulace jsou energeticky ztrátové. Při návrhu ventilátoru se volí otáčky tak, aby pracovní bod odpovídal projektovanému průtoku a tlakové ztrátě. Nastavení otáček se provede jednorázově volbou motoru a převodu. V případě, že klimatizační zařízení bude pracovat s proměnným průtokem vzduchu, musí být možná změna otáček za provozu. Existuje několik možností, jak měnit otáčky motoru:

- Víceotáčkové motory, u kterých je změna otáček prováděna skokově přepínáním počtu pólů u asynchronních motorů.
- Napěťová regulace je založena na změně napětí, ke které dochází v závislosti na zařazení odporu do obvodu rotoru. Tento způsob regulace je vhodný pro ventilátory o nižších výkonech, neboť napěťová regulace je ztrátová.
- Regulace kmitočtu frekvenčními měniči představuje plynulou regulaci výkonu, která umožňuje regulovat průtok vzduchu téměř v plném rozsahu, od cca 10 do 100 %.

Použití frekvenčních měničů u klimatizačních jednotek je stále rozšířenější. Snižováním průtoku vzduchu v době, kdy není maximální průtok potřebný, dochází k značným úsporám jak el. energie na pohon ventilátoru, tak tepla či chladu na tepelnou úpravu větracího vzduchu.



Obr. 8.1 Charakteristika ventilátoru a potrubní sítě



Obr. 8.2 Ventilátor s volným oběžným kolem a motorem napřímo

Pro přepočet příkonu ventilátoru P při změně otáček n platí vztah

$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^X \quad (\text{W})$$

kde X je exponent, který má teoreticky hodnotu 3, při napěťové regulaci vlivem měnicí se účinnosti $X = 1,7$ a $X = 2,2$ až $2,4$ u ostatních typů regulace.

Vzduch se průtokem ventilátorovou komorou ohřívá odpadním teplem z el. motoru a ventilátoru. Množství tepla závisí na příkonu ventilátoru, obvyklý teplotní rozdíl bývá 1 až 2 K.

Měrný příkon ventilátoru

Pro posouzení spotřeby elektrické energie ventilátorů klimatizačních a větracích zařízení se používá měrný příkon ventilátoru označovaný SFP (příkon motoru vztažený k průtoku dopravovaného vzduchu)

$$SFP = \frac{P}{V} = \frac{V \cdot \Delta p_c}{V \cdot \eta_c} = \frac{\Delta p_c}{\eta_c} = \frac{\Delta p_c}{\eta_v \cdot \eta_m \cdot \eta_p \cdot \eta_r} \quad (\text{Ws/m}^3 = \text{Pa})$$

kde P (W) je příkon motoru ventilátoru, V (m^3/s) – průtok vzduchu, Δp_c (Pa) – celkový dopravní tlak ventilátoru, η – účinnost (indexy: c – celková, v- ventilátoru, m – motoru, p - převodu, r - regulace otáček). V literatuře se často uvádí jednotka měrného příkonu ventilátoru odvozená z jeho definice (Ws/m^3), ale správná fyzikální jednotka je (Pa).

Měrný příkon je ovlivněn nejen kvalitou použitého ventilátoru, motoru a regulace otáček, ale i tlakovými ztrátami klimatizační jednotky a distribuce vzduchu v budově. Při posuzování celého větracího či klimatizačního systému budovy se sčítají příkony jednotlivých ventilátorů. Podle měrného příkonu ventilátoru lze pak systémy větrání a klimatizace řadit do energetických tříd.

9. Optimalizace klimatizačního systému budovy

V rámci kontroly klimatizačních systémů má zpráva o kontrole obsahovat i „návrhy možných zlepšení nebo výměny klimatizačních systémů a návrhy alternativních řešení“. Tím je vlastně řečeno, že kontrola by neměla být pouze pasivním ověřením funkce klimatizačního systému, ale měla by i navrhovat a doporučovat lepší řešení.

Při posuzování klimatizačních systémů je třeba zohlednit dvě základní hlediska, a to je kvalita vnitřního prostředí, kterou klimatizace zajišťuje a spotřeba energie a další náklady spojené s provozem systému. Tato dvě hlediska bývají často v rozporu. Opatření zvyšující kvalitu vnitřního prostředí vedou často k zvyšování spotřeby energie a tím i provozních nákladů. Třetím významným hlediskem je potom cena systému či jeho úprav.

V případě, že se najdou taková řešení, která nesnižují, nebo dokonce zvyšují kvalitu vnitřního prostředí a zároveň snižují energetickou náročnost či jiné provozní náklady, měla by být bezesporu posouzena s ohledem na nákladovou efektivnost a doporučena k realizaci.

V následujících odstavcích bude podán základní přehled některých opatření, která mohou vést ke snížení spotřeby energie klimatizačních systémů. Opatření pro snižování spotřeby budov na klimatizaci lze rozdělit do tří skupin:

- Optimalizace požadavků na klimatizaci budovy. Do této skupiny opatření patří především:
 - zajištění průtoku vzduchu podle požadavků (především čerstvého venkovního vzduchu),
 - využití celé oblasti tepelné pohody,
 - minimalizace tepelných zisků v létě a tepelných ztrát v zimě.
- Minimalizace ztrát v rozvodech. Do této skupiny patří především:
 - snížení tlakových ztrát v klimatizační jednotce a rozvodech vzduchu,
 - snížení tepelných ztrát tepelnou izolací potrubí,
 - snížení ztrát vzduchu netěsnostmi rozvodů.
- Optimalizace systému větrání a klimatizace. Tím se rozumí především používání takových prvků klimatizačních zařízení, které mají vysokou účinnost. Hlavní důraz je kladen na ventilátory, čerpadla, zdroje chladu a uplatňování zpětného získávání tepla, chladu i vlhkosti.

9.1 Optimalizace průtoku vzduchu

Množství venkovního čerstvého vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru by mělo být úměrné počtu osob v prostoru. Minimální dávka venkovního vzduchu na osobu je pro pracovní prostředí a práci v sedě 25 m³/h. Regulace množství venkovního vzduchu může být jak přímá, vycházející z počtu osob v objektu (např. podle systému evidujícího příchody a odchody, či časového plánu), nebo nepřímá, kdy je měřena koncentrace CO₂ ve větraném prostoru. V létě a přechodovém období, kdy je teplota venkovního nasávaného vzduchu nižší nežli teplota v interiéru, může být energeticky výhodnější přivádět více čerstvého vzduchu.

Celkové množství přiváděného vzduchu je závislé na tepelných ziscích nebo ztrátách prostoru. Množství vzduchu lze snižovat, je-li dodržen přijatelný rozdíl teplot přiváděného vzduchu a vzduchu v prostoru. Množství přiváděného vzduchu klimatizačním systémem ovlivňuje i distribuci vzduchu v prostoru. Především v zimních měsících je třeba optimalizovat množství venkovního čerstvého vzduchu. Celkové množství přiváděného

vzduchu ovlivňuje spotřebu ventilátorů, cirkulační vzduch, ale nemá vliv na topný či chladicí výkon klimatizace.

9.2 Využití celé oblasti tepelné pohody

Teplotní rozsah oblasti tepelné pohody závisí na třídě práce. Pro kancelářské prostory je 20 °C až 26 °C a vlhkostní 30% až 70%. V klimatických podmínkách ČR je rozhodující teplota v klimatizovaném prostoru. Využití celé oblasti tepelné pohody znamená především provozování systému klimatizace v zimním období na teploty u spodní hranice tepelné pohody a v letním období u horní hranice. Bohužel dlouhodobé přetápění v zimním období se stalo již standardem v kancelářských budovách. Pro většinu zaměstnanců v českých kancelářích je teplota 20 °C v zimě nepříjemná a vyžadují teploty vzduchu 22 až 23 °C, což vede k zvýšeným nárokům jak na ohřev vzduchu a vytápění tak na vlhčení. Požadované parametry vnitřního prostředí dle zákona 361/2007 Sb. jsou uvedeny v následující tabulce (převzato z nařízení vlády 37/2012 Sb.).

Třída práce	M [W.m ⁻²]	Kategorie	Klimatizované pracoviště				v _n [m.s ⁻¹]	Rh [%]
			nastavení vytápění		nastavení chlazení			
			tepelný odpor oděvu 1,0 clo		tepelný odpor oděvu 0,5 clo			
			t _{omin} (t _{gmin}) [°C]		t _{omin} (t _{gmin}) [°C]			
I	≤ 80	A	±1,0		±1,0	0,05 až 0,2	30 až 70	
		B	±1,5		24,5 -1,0			
		C	+2,5 -2,0		+2,5 -2,0			
IIa	81-105	A	±1,0		23 ±1,0			
		B	±1,5		+1,5 1,0			
		C	+2,5 -2,0		+2,5 -2,0			

9.3 Minimalizace tepelných zisků

Problematika minimalizace tepelných zisků úzce souvisí s metodami pasivního chlazení budov. Pod pojmem pasivní chlazení se rozumí především projektování takových budov, které žádné chlazení nepotřebují. Využívá se pasivních prvků snižujících tepelné zátěže, akumulace tepla a přirozeného odvodu tepla. Koncepce pasivního domu z pohledu chlazení by měla být základem i pro budovy s chlazením nízkoenergetickým nebo strojním a některé principy, jako třeba přirozené noční větrání, jsou zahrnovány jak do pasivních, tak do nízkoenergetických systémů. V rámci kontrol klimatizačních systémů mohou být zásady pasivního chlazení uplatněny při návrhu opatření pro snížení spotřeby elektrické energie klimatizačních systémů a dále k posouzení budov, ve kterých jsou klimatizační systémy částečně či úplně nefunkční. Základní opatření, která vedou ke snížení tepelných zisků

z vnějšího prostředí, jsou: vnější stínění průsvitných ploch, úprava okolí budovy a prostoru, odkud je sán větrací vzduch, uplatnění tepelné hmoty budovy.

Stínění budovy, oken

Základním prvkem pasivních budov z pohledu chlazení je snížení tepelné zátěže radiací okny. K nejučinnějším možnostem patří vnější stínění oken. Stínění je možné zajistit pevnými či pohyblivými prvky, žaluziemi, roletami, markýzami či slunolamy.

Z analýzy polohy slunce jasně vyplývá, že pro jižní orientaci je velmi vhodné použít vodorovných stínících prvků (slunolamů) nad okny. Délka stínu bude nejnepříznivější v měsíci září, kdy bude odpovídat celodenně 0,84 násobku hloubky stínícího prvku, v září dosahují maximálních hodnot i intenzity radiace dopadající na jižní stěnu. V ostatních letních měsících budou délky stínů výrazně větší (v srpnu bude minimální délka stínu 1,27 hloubky stínícího prvku). V případě instalace vodorovných pevných žaluzií je vhodné, aby rozteč žaluzií byla rovna hloubce stínící lamely, v případě slunolamu těsně nad oknem by jeho hloubka měla být stejná jako výška okna pro zajištění stínění přímé sluneční radiace v době letních extrémů. Pro západní a východní orientaci stěn se vodorovné stínící prvky nehodí a je zde třeba použít vnějších stínících prvků s pohyblivými lamelami.

Minimalizace vnitřních zisků

Pro moderní kancelářské i výrobní budovy představují vnitřní zisky značnou část tepelné zátěže. Jejich snižování je poměrně obtížné. Ke snížení vnitřních zisků vedou následující kroky: snižování příkonu instalovaných počítačů, používání LCD monitorů, používání notebooků, uplatnění úsporného režimu nebo vypnutí počítače, když se na něm nepracuje, přímý odvod tepelné zátěže od technologie odsáváním nebo vodním chlazením. Pro pasivní či nízkoenergetické budovy musí být i dostatečná podlahová plocha na jednoho zaměstnance (min. 8 - 10 m²).

9.4 Snížení tlakových ztrát

Tlakové ztráty klimatizační jednotky, rozvodů a distribuce vzduchu lze ovlivnit především při projektování systému. K výraznému snížení tlakových ztrát dojde však i při snížení průtoku vzduchu systémem. Ventilátor v klimatizační jednotce musí zajistit požadovaný průtok vzduchu a pokrýt tlakové ztráty všech součástí systému, při vysokých tlakových ztrátách má ventilátor velký i příkon.

Regulace průtoku vzduchu ventilátorem se provádí změnou otáček ventilátoru, tím se posouvá charakteristika ventilátoru. Průtok vzduchu je možné regulovat i škrcením nebo obtokem, ale tyto způsoby regulace jsou energeticky ztrátové. Při návrhu ventilátoru se volí otáčky tak, aby pracovní bod odpovídal projektovanému průtoku a tlakové ztrátě. Nastavení otáček se provede jednorázově volbou motoru a převodu. V případě, že klimatizační zařízení bude pracovat s proměnným průtokem vzduchu, musí být možná změna otáček za provozu. Existuje několik možností, jak měnit otáčky motoru:

- Víceotáčkové motory, u kterých je změna otáček prováděna skokově přepínáním počtu pólů u asynchronních motorů.
- Napěťová regulace je založena na změně napětí, ke které dochází v závislosti na zařazení odporu do obvodu rotoru. Tento způsob regulace je vhodný pro ventilátory o nižších výkonech, neboť napěťová regulace je ztrátová.

- Regulace kmitočtu frekvenčními měniči představuje plynulou regulaci výkonu, která umožňuje regulovat průtok vzduchu v plném rozsahu od 0 do 100 %.

Použití regulace otáček u ventilátorů klimatizačních jednotek je stále rozšířenější. Snižováním průtoku vzduchu v době, kdy není maximální průtok potřebný, dochází k značným úsporám jak el. energie na pohon ventilátoru, tak tepla či chladu na tepelnou úpravu větracího vzduchu.

Průtok vzduchu a velikost jednotky

Chceme-li snížit spotřebu elektrické energie pro větrání a klimatizaci, je jedním z velmi důležitých parametrů správná volba velikosti klimatizační jednotky. Velikost sestavné klimatizační jednotky lze jednoduše posoudit podle tzv. průřezové rychlosti, kterou vypočítáme, podělíme-li požadovaný průtok vzduchu průřezem (příčnou plochou danou vnitřními rozměry komory). Tato průřezová rychlost by neměla být větší nežli 3,5 m/s; chceme-li zařízení deklarovat jako energeticky úsporné neměla by překročit hodnotu 1,5 m/s.

Spotřeba el. energie na provoz ventilátorů je závislá nejen na externí tlakové ztrátě a provedení ventilátoru, ale také významně na interní tlakové ztrátě klimatizační jednotky. Tlakové ztráty výměníků ZZT, filtrů i ostatních součástí klimatizační jednotky závisí na druhé mocnině rychlosti, proto je rychlost proudění v klimatizační jednotce tak důležitá. Volba větší klimatizační jednotky se příznivě projeví nejen na nižší spotřebě ventilátorů, ale i na pomalejším zanášení filtrů. Bohužel projektanti často tyto zásady nerespektují a jsou nedostatkem prostoru a snahou o minimalizaci investičních nákladů tlačeni do používání malých klimatizačních jednotek s vysokou průřezovou rychlostí. Při stávajícím přístupu k navrhování klimatizačních jednotek výrobcem, kdy projektant má k dispozici hotovou sestavu a externí tlak jednotky, si řada z nich ani neuvědomí, jak vysoké jsou interní tlakové ztráty při použití malých klimatizačních jednotek.

9.5 Zpětné získávání tepla

Zpětné získávání tepla by mělo být součástí všech větracích a klimatizačních zařízení, která jsou určena k celoročnímu provozu a u kterých je to technicky možné viz kapitola .

9.6 Chladicí faktor zdroje chladu a odvod kondenzačního tepla

Na spotřebu elektrické energie pro chlazení v klimatizačních systémech má zcela zásadní význam zdroj chladu a jeho chladicí faktor. Problematice zdrojů chladu je věnována samostatná kapitola 6. Snížení energetické náročnosti klimatizačního systému může být dosaženo jak použitím zdroje chladu s vysokým chladicím faktorem, vhodnou regulací, tak i zlepšením odvodu kondenzačního tepla od zdroje chladu. Vhodné je též použití volného chlazení (free cooling) tam, kde je to možné.

Alternativní zdroje chladu

Alternativní zdroje chladu využívají nízkopotenciálního chladu z okolního prostředí pro chlazení budov. Možnosti využití alternativních zdrojů jsou omezeny a lze jich většinou využít pouze tam, kde je budova i systém větrání vhodně navržen, kde nejsou vysoké vnitřní zisky a ani požadavky na přesné dodržení parametrů vzduchu v prostoru.

Tato kapitola podala základní přehled metod snižování spotřeby energie na provoz klimatizačních zařízení. Tato problematika je však velmi obsáhlá, a proto existuje řada dalších zařízení a provozních úprav, které mohou vést k snížení spotřeby el. energie na klimatizaci budov a které zde nebyly zmíněny. Především v oblasti optimalizace provozu a parametrů jednotlivých prvků klimatizačních systémů existují u většiny systémů značné rezervy.

Při kontrolách klimatizačních systémů je třeba mít tyto zásady na zřeteli a chápat budovu a klimatizační systém jako vzájemně reagující celek.

10. Výběr a kategorizace nejčastějších zdrojů a typů rizik závad a poruch klimatizačních systémů

Zařízení	Výběr nejčastějších zdrojů (nositelů) a typů rizik (závad, poruch) Disfunkce
Zařízení pro dopravu vzduchu	
Ventilátory	poškození lopatek → nevyváženost kola, snížení výkonu, zvýšení hluku zanesení lopatek → snížení vzduchového výkonu;
Výměníky tepla pro ohřev/ochlazování vzduchu	
Ohřívače vzduchu (vzduch - kapalina)	Znečištění (zanesení) teplosměnných ploch → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu Znečištění (zanesení) vnitřních ploch teplosměnných trubek → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku teplotonosné látky, rozregulování hydraulických sítí
Elektrické ohřívače vzduchu	Znečištění (zanesení) teplosměnných ploch → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu, nebezpečí poruchy elektrické výstroje Porucha elektrické výstroje → snížení výkonu, nebezpečí úrazu a požáru
Chladiče vzduchu (vzduch - kapalina)	Znečištění (zanesení) teplosměnných ploch → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu Znečištění (zanesení) vnitřních ploch teplosměnných trubek → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku teplotonosné látky, rozregulování hydraulických sítí
Výparníky (vzduch - chladivo)	Znečištění (zanesení) teplosměnných ploch → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu Namrzání vlhkosti na teplosměnných plochách → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu Disfunkce odmrazovacího zařízení → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu
Regenerační výměníky tepla (např. rotační)	Disfunkce ➤ pohonu rotačního kotouče → snížení či nulování výkonu přenosu tepla a vlhkosti ➤ ústrojí pro automatickou regulaci otáček kotouče → snížení účinnosti přenosu tepla a vlhkosti Znečištění (zanesení) ploch pro přenos tepla a vlhkosti → snížení výkonu přenosu tepla a vlhkosti, snížení průtoku vzduchu Vznik netěsností mezi proudy vzduchu odváděného a přiváděného → snížení účinnosti přenosu tepla
Kapalinové okruhy zpětného získávání tepla (vzduch - nemrznoucí kapalina)	Znečištění (zanesení) teplosměnných ploch → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu Namrzání vlhkosti na teplosměnných plochách → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu Disfunkce odmrazovacího zařízení → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu

Rekuperační výměníky vzduch-vzduch	Znečištění (zanesení) teplosměnných ploch → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu Vznik netěsností mezi proudy vzduchu odváděného a přiváděného → snížení účinnosti přenosu tepla
Filtry vzduchu	
Odvinovací filtry	Disfunkce <ul style="list-style-type: none"> ➤ pohonu odvinování filtru → snížení průtoku vzduchu, unášení prašných částic do vzduchovodu ➤ automatiky odvinování filtru → snížení průtoku vzduchu, unášení prašných částic do vzduchovodu Mechanické poškození filtrační tkaniny → snížení odlučivosti filtru Nadměrné znečištění filtrační tkaniny → snížení průtoku vzduchu, unášení prašných částic do vzduchovodu Vznik netěsností kolem filtrační tkaniny → unášení prašných částic do vzduchovodu
Vložkové filtry včetně kapsových a tukových	Mechanické poškození filtrační tkaniny → snížení odlučivosti filtru Vznik netěsností kolem filtrační tkaniny → unášení prašných částic do vzduchovodu Nadměrné znečištění filtrační tkaniny → snížení průtoku vzduchu, unášení prašných částic do vzduchovodu
Elektrofiltry	Zanášení elektrod elektrofiltru → snížení odlučivosti filtru, unášení prašných částic do vzduchovodu Disfunkce elektrické výstroje → snížení odlučivosti filtru, unášení prašných částic do vzduchovodu
Zvlhčovače	
Zvlhčovače vodní	Disfunkce <ul style="list-style-type: none"> ➤ automatiky doplňování vody →, riziko zamrznutí přehříváče ➤ oběhového čerpadla → nulování výkonu zvlhčovače, riziko zamrznutí přehříváče ➤ zařízení pro odkalování vodního zásobníku → zvýšení kontaminace oběhové vody, hygienické riziko Částečné, či úplné ucpání vodních trysek → snížení či nulování výkonu zvlhčovače, riziko zamrznutí přehříváče Částečné, či úplné ucpání vodního filtru → snížení či nulování výkonu zvlhčovače, riziko zamrznutí přehříváče
Odlučovače kapek	Mechanické poškození lamel → riziko unášení vodních kapek do dalších částí jednotky a do ventilátoru Destrukce soustavy lamel → riziko unášení vodních kapek do dalších částí jednotky a do ventilátoru
Zvlhčovače parní	Disfunkce obvodů pro regulaci zvlhčovacího výkonu → nedodržení nastavených hodnot relativní vlhkosti v prostoru zařízení pro odvod zkondenzované páry → vytékání kondenzátu do strojoven Částečné či úplné ucpání distribučních elementů → snížení či nulování výkonu zvlhčovače
Jednotkové vyvíječe páry	Disfunkce <ul style="list-style-type: none"> ➤ elektrické výstroje → nedostatečný či nulový výkon vyvíječe ➤ zařízení pro doplňování vody → nedostatečný či nulový výkon Zkorodované elektrody vyvíječe → nedostatečný či nulový výkon

	<p>vyvíječe Zanesené elektrody vyvíječe → nedostatečný či nulový výkon vyvíječe Nedostatečná úprava napájecí vody → zanášení a opotřebení elektrod → častá výměna</p>
Prvky rozvodu vzduchu	
Protidešťové žaluzie	<p>Koroze listů žaluzie → unášení částecek koroze do vzduchovodů, omezení možnosti nastavení polohy listů Destrukce listů žaluzie → omezení možnosti nastavení polohy listů, vznik otvorů v žaluzii</p>
Mřížky a distribuční elementy (vyústky)	<p>Znečištění částí elementů → snížení průtoku vzduchu, unášení prašných částic do vzduchovodu či do prostoru Vadné nastavení částí elementů → nedodržení parametrů distribuce vzduchu v prostoru, vznik rušivých proudů a nevětraných míst Ucpání mřížek a distribučních elementů → snížení či nulování průtoku vzduchu</p>
Protipožární klapky	<p>Disfunkce ➤ spouštěcího ústrojí → disfunkce při požárním nebezpečí nebo naopak nežádoucí uzavření sekce vzduchovodu ➤ natahovacího ústrojí → nemožnost otevření PK manuálně nebo dálkovým povel Nazakreslení PK do projektové dokumentace → obtíže při obsluze a používání PK Nepřístupnost PK → obtíže při obsluze a používání PK</p>
Regulační klapky listové	<p>Disfunkce ovládacího ústrojí → vadné nastavení listů klapky → nedodržení parametrů distribuce vzduchu v sekcích vzduchovodů</p>
Vzduchovody a komory	<p>Vznik netěsností vadnou montáží nebo chvěním při provozu → úniky vzduchu při proudění vzduchovody, nedodržení parametrů distribuce vzduchu v sekcích vzduchovodů → nedodržení parametrů distribuce vzduchu v prostoru Vnitřní znečištění vzduchovodů → hygienická rizika, nedodržení parametrů distribuce vzduchu v sekcích vzduchovodů → nedodržení parametrů distribuce vzduchu v prostoru</p>
Směšovací a expanzní jednotky	<p>Disfunkce směšovacích a regulačních elementů → nedodržení parametrů úpravy vzduchu v sekcích vzduchovodů → nedodržení parametrů množství a úpravy vzduchu v prostoru Vnitřní znečištění jednotek → hygienická rizika, nedodržení parametrů distribuce vzduchu v sekcích vzduchovodů → nedodržení parametrů distribuce vzduchu v prostoru</p>
Indukční jednotky	<p>Disfunkce ➤ směšovacích a regulačních elementů expanzních komor ➤ výměníků tepla – Zdroje a důsledky rizik viz 2.2 ➤ regulačních klapek u jednotek klapkových – viz 5.4 ➤ regulačních ventilů při regulaci průtoků otopné a ochlazené vody → nedodržení parametrů úpravy vzduchu přiváděného do prostoru</p>
Podokenní a stropní cirkulační jednotky	<p>➤ výměníků tepla – Zdroje a důsledky rizik viz 2.2 ➤ regulačních ventilů při regulaci průtoků otopné a ochlazené vody → nedodržení parametrů úpravy vzduchu přiváděného do prostoru ➤ ventilátoru cirkulačního vzduchu → nedostatečný výkon výměníků tepla → nedodržení parametrů úpravy vzduchu v prostoru</p>

Tlumiče hluku	Mechanické poškození → unášení částeczek destruované hmoty do vzduchovodů → hygienické riziko, snížení účinnosti tlumení hluku
Chladicí zařízení	
Kompresor	<p>Disfunkce</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ manometrů → riziko snížení možnosti optimálního provozu ➤ teploměrů → riziko snížení možnosti optimálního provozu ➤ ukazatele tlaku oleje → riziko ohrožení sníženým mazáním stroje ➤ olejového tlakového diferenčního spínače → riziko ohrožení sníženým mazáním stroje ➤ snímače teploty oleje před a za chladičem oleje → rizik ohrožení sníženým mazáním stroje ➤ odlučovače oleje → riziko sníženého výkonu kompresoru ➤ vytápění olejové vany → riziko ohrožení sníženým mazáním stroje ➤ omezovače výkonu při rozběhu → riziko vzniku proudových špiček při startu kompresorů ➤ zařízení na regulace výkonu → riziko neuspokojivého výkonu a neekonomického provozu ➤ ochranných obvodů → riziko ohrožení bezpečnosti zařízení a ekologických havárií <p>Nedostatečná kvalita (kyselost) a stav oleje → riziko zvýšeného opotřebení pohyblivých částí stroje</p>
Vzduchem chlazený kondenzátor	<p>Disfunkce</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ regulačního obvodu řízení chodu ventilátorů → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu → zvýšení kondenzačního tlaku, možnost reakce ochrany proti zvýšenému tlaku vysokotlaké strany ➤ ventilátorů kondenzátoru → dtto <p>Znečištění (zanesení) teplosměnných ploch → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu → zvýšení kondenzačního tlaku, možnost reakce ochrany proti zvýšenému tlaku vysokotlaké strany</p>
Výparník (kapalina - chladivo)	<p>Omezení průtokového průřezu pro proudění chlazené vody jeho zanesením → snížení tepelného výkonu výparníku → snížení chladicího výkonu chladicí jednotky → aktivace ochrany proti zamrznutí vody</p> <p>Vznik netěsnosti v okruzích proudění vody či chladiva → riziko havárie chladicí jednotky vzájemným, průnikem chlazené vody a chladiva, v krajním případě průnik vody do pracovního prostoru kompresoru</p>
Vodou chlazený kondenzátor	<p>Omezení průtokového průřezu pro proudění chladicí vody jeho zanesením → snížení tepelného výkonu kondenzátoru → zvýšení kondenzačního tlaku, možnost reakce ochrany proti zvýšenému tlaku vysokotlaké strany snížení → chladicího výkonu chladicí jednotky</p> <p>Vznik netěsnosti v okruzích proudění vody či chladiva → riziko havárie chladicí jednotky vzájemným, průnikem chlazené vody a chladiva, v krajním případě průnik vody do chladivového okruhu</p>
Regulační (expanzní) ventil chladivového okruhu	<p>Disfunkce regulačního obvodu pro nastavování průtoku kapalného chladiva → porušení nastavení tlakových poměrů chladivového okruhu → snížení výkonu chladicí jednotky</p>
Olejové hospodářství	<p>Disfunkce cirkulačního čerpadla mazacího oleje → riziko mechanického poškození točivých a kluzných částí chladicí jednotky → aktivace ochrany proti sníženému mazání</p>

Chladicí věže	<p>Disfunkce</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ oběhového čerpadla chladicí kapaliny → snížení tepelného výkonu, → zvýšení kondenzačního tlaku chladiva, možnost reakce ochrany proti zvýšenému tlaku vysokotlaké strany ➤ regulačního obvodu řízení chodu ventilátorů chladicího vzduchu → dtto ➤ ventilátorů kondenzátoru → dtto
Suché chladiče vody (nemrzoucí směsi) pro ochlazování par chladiva v kondenzátoru	<p>Disfunkce</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ regulačního obvodu řízení chodu → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu → zvýšení kondenzačního tlaku, možnost reakce ochrany proti zvýšenému tlaku vysokotlaké strany ➤ ventilátorů → dtto ➤ ventilátorů kondenzátoru → dtto <p>Znečištění (zanesení) teplosměnných ploch → snížení tepelného výkonu, snížení průtoku vzduchu → zvýšení kondenzačního tlaku, možnost reakce ochrany proti zvýšenému tlaku vysokotlaké strany</p>
Potrubní síť - rozvody tepla a chladu pro vzduchotechniku	
Čerpadla	<p>Destrukce lopatek oběžného kola → snížení výkonu čerpadla</p> <p>Disfunkce ložisek oběžného kola → snížení výkonu čerpadla</p> <p>ucpávek kozlíkových čerpadel</p> <p>ložisek kozlíkových čerpadel</p> <p>Přepnutí zdvojených čerpadel, není-li automatické</p>
Uzavírací, regulační a pomocné armatury	Vnitřní koroze a zanesení armatur → snížení průtoku protékající látky, zvýšení tlakových ztrát hydraulických okruhů, omezení uzavírací a případně regulační funkce, omezená či vyloučená možnost manipulace s ovladači armatur
Lapače nečistot	Vnitřní koroze a zanesení → snížení průtoku protékající látky, zvýšení tlakových ztrát hydraulických okruhů
Vodní rozvody	Vnitřní koroze a zanesení armatur → snížení průtoku protékající látky, zvýšení tlakových ztrát hydraulických okruhů, riziko vzniku netěsností potrubních tras Vnější koroze → riziko vzniku netěsností potrubních tras
Pojistné zařízení hydraulických sítí	Vnitřní koroze a zanesení armatur → riziko omezení či ztráty pojistné funkce, vznik netěsnosti armatury a únik kapaliny
Doplňovací a expansní zařízení	<ul style="list-style-type: none"> ➤ zařízení pro úpravu doplňovací vody ➤ automatického expansního zařízení → riziko provozních poruch hydraulických sítí (např. zavzdušňování)
Zásobníky kapalin	Vnitřní koroze → zeslabení (snížení tloušťky) stěny nádoby → riziko vzniku netěsností nádoby
Rozváděče, regulační zařízení, kompresorová stanice, Disfunkce	
Rozváděče	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vypínačů, tlačítek a spínačů → riziko vzniku provozních poruch a poškození ovládaných zařízení včetně možnosti vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob i zařízení → nehoda požadovaných a skutečných parametrů vytvářeného mikroklimatu ➤ spínacích, řídicích a jisticích okruhů → riziko vzniku provozních poruch a poškození ovládaných zařízení včetně možnosti vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob i zařízení → nehoda požadovaných a skutečných parametrů vytvářeného mikroklimatu

	<p>➤ optických a akustických kontrolních zařízení → riziko ztížené identifikace provozních i mimoprovozních stavů řízených zařízení → riziko nezaznamenání vzniku provozních poruch a poškození ovládaných zařízení včetně možnosti vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob i zařízení</p> <p>znečištění a poškození úplnosti ochranných krytů a víček → riziko obtížného nalezení kontrolních a montážních otvorů, nebezpečí dotyku elektrických zařízení pod napětím → ztížení kontroly a údržby zařízení a vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob</p> <p>nedotažení elektrických svorek → riziko tepelné zátěže spojů → zvýšení teploty spojů → vznik přechodových odporů → riziko přerušení elektrických obvodů a riziko zahoření</p> <p>poškození jističů, ochranných relé → riziko vzniku provozních poruch a poškození ovládaných zařízení včetně možnosti vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob i zařízení → neshoda požadovaných a skutečných parametrů vytvářeného mikroklimatu</p> <p>nesprávnosti a poškození popisů elektrických obvodů → ztížení kontroly a údržby zařízení a vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob</p> <p>nedodržení jmenovité proudové zatížitelnosti a odpovídajícího jištění → riziko vzniku provozních poruch a poškození ovládaných zařízení včetně možnosti vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob i zařízení</p> <p>nesprávnost a poškození popisu funkcí ovládacích elementů</p>
<p>Termostaty, jističe, tlakové spínače, hygrometry</p>	<p>znečištění, poškození a koroze, zakrytí a porušení těsnosti → riziko obtížného nalezení kontrolních a montážních otvorů, nebezpečí dotyku elektrických zařízení pod napětím → ztížení kontroly a údržby zařízení a vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob</p> <p>neshoda předepsaných a skutečných hodnot</p> <p>neprovedení regenerace hygrometrů (pokud to vyžadují) → riziko negativního ovlivnění funkce hygrometrů</p> <p>znečištění a nedotažení elektrických spojů</p> <p>nesprávnost a poškození popisů elektrických obvodů</p>
<p>Regulační okruhy</p>	<p>znečištění, poškození a koroze, porušení těsnosti → riziko obtížného nalezení kontrolních a montážních otvorů, nebezpečí dotyku elektrických zařízení pod napětím → ztížení kontroly a údržby zařízení a vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob</p> <p>neshoda předepsaných a skutečných hodnot</p> <p>funkce → riziko nedodržení předepsaných parametrů mikroklimatu</p> <p>nedotažení elektrických spojů → riziko tepelné zátěže spojů → zvýšení teploty spojů → vznik přechodových odporů → riziko přerušení elektrických obvodů a riziko zahoření</p> <p>nesprávnost a poškození popisů elektrických obvodů → ztížení kontroly a údržby zařízení a vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob</p>
<p>Výstražná zařízení</p>	<p>➤ disfunkce zařízení pro hlášení poruchy → riziko ztížené identifikace provozních i mimoprovozních stavů řízených zařízení → riziko nezaznamenání vzniku provozních poruch a poškození ovládaných zařízení včetně možnosti vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob i zařízení</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ optického a akustického signálu zařízení ➤ poruchových signalizací → riziko ztížené identifikace provozních i mimoprovozních stavů řízených zařízení → riziko nezaznamenání vzniku provozních poruch a poškození ovládaných zařízení včetně možnosti vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob i zařízení znečištění, poškození a koroze, porušení těsnosti zákrytů → riziko obtížného nalezení kontrolních a montážních otvorů, nebezpečí dotyku elektrických zařízení pod napětím → ztížení kontroly a údržby zařízení a vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob neshoda předepsaných a skutečných hodnot → riziko ztížené identifikace provozních i mimoprovozních stavů řízených zařízení → riziko nezaznamenání vzniku provozních poruch a poškození ovládaných zařízení včetně možnosti vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob i zařízení nedodržení mezních hodnot prodlevy → dtto nesprávné seřízení spínacích hodnot → dtto nesprávné seřízení zpoždění signálu mezních hodnot
Zapisovače, ukazovací přístroje	<ul style="list-style-type: none"> ➤ přepínačů měřicích míst → riziko snížení kontroly funkce zařízení ➤ přenosných měřicích přístrojů → riziko snížení kontroly funkce znečištění, nepoškození a koroze, porušení těsnosti → riziko obtížného nalezení kontrolních a montážních otvorů, nebezpečí dotyku elektrických zařízení pod napětím → ztížení kontroly a údržby zařízení a vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob neshoda předepsaných a skutečných hodnot → signalizace dalších závad a poruch na zařízení MaR poškození psacích pásek, resp. polštářků, nedostačující naplnění registrační barvy posuvu papíru → riziko snížení kontroly funkce zařízení nedodržování přesnosti dálkového měření teplot → signalizace dalších závad a poruch na zařízení MaR nedodržování přesnosti dálkového měření tlaků → signalizace dalších závad a poruch na zařízení MaR
Řídicí číslicová technika (DDC)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ logických obvodů ➤ signalizace poruch ➤ obslužné klávesnice ➤ spínacích povelů ➤ tiskárny ➤ chodu posuvu papíru ➤ monitoru a ostrosti obrazu ➤ napájení podcentrál ➤ dálkového měření relativní vlhkosti ➤ dálkového měření rychlostí proudu vzduchu ➤ dálkového měření rychlostí proudu vody ➤ zpracovatelské funkce → analogicky k předchozím odstavcům znečištění, poškození a koroze, porušení těsnosti → riziko obtížného nalezení kontrolních a montážních otvorů, nebezpečí dotyku elektrických zařízení pod napětím → ztížení kontroly a údržby zařízení a vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob

	<p>správnosti programů (test. paměti)→analogicky k předchozím odstavcům</p> <p>kontaktů funkčních modulů (desek)→analogicky k předchozím odstavcům</p> <p>naměřených hodnot a jejich věrohodnosti→analogicky k předchozím odstavcům</p>
Kompresorová stanice a rozvody stlačeného vzduchu	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ukazatele stavu oleje→riziko nekontrolovatelného stavu hladiny oleje→riziko zadření kompresoru ➤ kompresoru jako celku →riziko celkové disfunkce soustavy MaR ➤ tlakových spínačů→ riziko negativního ovlivnění funkcí regulačních obvodů ➤ spínačů, jističů a redukčních stanic tlaku→ riziko negativního ovlivnění funkcí regulačních obvodů ➤ automatického odlučovače vody→riziko poškození okruhů MaR zvýšenou vlhkostí ➤ odvlhčovacího zařízení→riziko poškození okruhů MaR zvýšenou vlhkostí ➤ zařízení pro odvodnění tlakové nádoby a redukční stanice→ riziko poškození okruhů MaR zvýšenou vlhkostí <p>příslušenství rozvodů stlačeného vzduchu→ riziko snížení výkonových ukazatelů kompresoru</p> <p>znečištění, povrchového poškození a koroze →riziko obtížného nalezení kontrolních a montážních otvorů, nebezpečí dotyku elektrických zařízení pod napětím→ ztížení kontroly a údržby zařízení a vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob</p> <p>nepostačující náplň oleje →riziko zadření kompresoru</p> <p>zanesení filtru→ riziko snížení výkonových ukazatelů kompresorové stanice</p> <p>znečištění filtru→ riziko snížení výkonových ukazatelů kompresorové stanice</p> <p>netěsnost rozvodů stlačeného vzduchu→ riziko snížení výkonových ukazatelů kompresorové stanice</p>
Elektrické regulátory, vysílače veličin, řídicí členy	<p>znečištění, poškození a koroze, porušení těsnosti přístrojů→riziko obtížného nalezení kontrolních a montážních otvorů, nebezpečí dotyku elektrických zařízení pod napětím→ ztížení kontroly a údržby zařízení a vyvolání situací, ohrožujících bezpečnost osob</p> <p>neshoda předepsané a měřené (skutečné)hodnoty→riziko negativního ovlivnění parametrů umělého mikroklimatu</p> <p>Nesprávné seřízení regulátoru→ riziko negativního ovlivnění parametrů umělého mikroklimatu</p> <p>Disfunkce elektropohonů regulačních orgánů→ riziko negativního ovlivnění parametrů umělého mikroklimatu</p>
Pneumatické regulátory, vysílače, řídicí členy	<p>Neshoda předepsaných a měřených (skutečných) hodnot→</p> <p>Znečištění, poškození a koroze, porušení těsnosti přístrojů→ riziko obtížného nalezení kontrolních a montážních otvorů →ztížení kontroly a údržby zařízení</p>

11. Literatura

- CHYSKÝ, J.; HEMZAL, K. a kol. *Větrání a klimatizace. Technický průvodce*. 3.vyd. Brno: BOLIT-B-press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- KOLEKTIV AUTORŮ. *Chladicí technika*. Sborník SCHKT. Kap. Kompresory, autor: Čejka, Z. Praha: SCHKT, 2011.
- KOLEKTIV AUTORŮ. *Metodika kontroly klimatizačních systémů 1*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2010.
- LAIN, M. *Nízkoenergetické chlazení budov*. Doktorská práce (Ph.D.). Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008. 176 s.
- LAIN, M. Zdroje chladu - odvod kondenzačního tepla a energetické hodnocení. In *Snižování energetické náročnosti chladicích zařízení*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2008, s. 36-41.
- PETRÁK, J. Přehled a třídění zdrojů chladu v klimatizaci. In *Kurz kontrola klimatizačních systémů*. Praha: ČVUT v Praze, 2009, s. 33-35.
- SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D.; *PassiveCoolingofBuildings*, James & James Ltd.; London, U.K.; 472 p. 1996.
- SCHRAMEK, E.R. *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*. München: Oldenbourg Industrieverlag, 2007. ISBN 10:3-8356-3104-7.

Kontrola kotlů a rozvodů tepelné energie

Metodické pokyny

Ing. Roman Vavříčka, Ph.D.

Praha, listopad 2014

Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných energií pro rok 2014 – část A – Program EFEKT.



1. Požadavky zákona č. 318/2012 Sb. o hospodaření s energií

Zákon č. 318/2012 Sb. o hospodaření s energií z pohledu zdrojů tepla a rozvodů tepelné energie definuje požadavky na zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických osob při nakládání s energií. Dále uvádí požadavky na ekodesign a uvádění spotřeby energie a jiných hlavních zdrojů na energetických štítcích výrobků spojených se spotřebou energie. V neposlední řadě pak zákon předkládá pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce a požadavky na informování a vzdělávání v oblasti úspor energie spojených se spotřebou energie.

Základní pojmy pro zdroje tepla a rozvody tepelné energie z pohledu zákona č. 318/2012 Sb.:

Kotel – zařízení, v němž se spalováním paliv získává pouze tepelná energie, která se předává teplonosné látce.

Jmenovitý výkon zdroje tepla – nejvyšší tepelný výkon, vyjádřený v kW, uvedený výrobcem, kterého lze dosáhnout při trvalém provozu a při účinnosti uvedené výrobcem.

Obnovitelný zdroj energie – zdroj využívající nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu.

Vytápění – proces sdílení tepla do vytápěného prostoru, zajišťovaný příslušným technickým zařízením za účelem vytváření tepelné pohody či požadovaných standardů vnitřního prostředí.

Ústřední vytápění nebo chlazení – zdroj tepla nebo chladu je umístěn mimo vytápěné nebo chlazené prostory a slouží pro vytápění nebo chlazení bytových či nebytových prostor.

Účinnost užití energie – míra efektivnosti energetických procesů, vyjádřená poměrem mezi úhrnnými energetickými výstupy a vstupy téhož procesu, vyjádřená v procentech.

JAKÉ POVINNOSTI PRO ZAJIŠTĚNÍ ÚČINNOSTI UŽITÍ ENERGIE VYPLÝVAJÍ ZE ZÁKONA č. 318/2012 Sb.?

Kategorie A – stavebník nebo vlastník výroby elektřiny nebo tepelné energie – je povinen u nově zřizovaných výroben a výrob, u nichž se provádí změna dokončené stavby, zajistit alespoň minimální účinnost užití energie výroben elektřiny nebo tepelné energie stanovenou prováděcím právním předpisem.

Kategorie B – stavebník nebo vlastník zařízení na distribuci tepelné energie a vnitřní distribuci tepelné energie a chladu –; je povinen u nově zřizovaných zařízení a u zařízení, u nichž se provádí změna dokončené stavby na distribuci tepelné energie a vnitřní distribuci tepelné energie a chladu, zajistit účinnost užití rozvodů energie a vybavení vnějších rozvodů a vnitřních rozvodů tepelné energie a chladu v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem.

Kategorie C – dodavatel kotlů a kamen na biomasu, solárních fotovoltaických a solárních tepelných systémů, mělkých geotermálních systémů a tepelných čerpadel (vybraná zařízení vyrábějící energii z obnovitelných zdrojů) – je povinen uvést pravdivé, nezkrácené a úplné informace o předpokládaných přínosech a ročních provozních nákladech těchto zařízení a jejich energetickou účinnost v technické dokumentaci nebo návodu na použití.

Prováděcím předpisem se rozumí vyhláška č. 194/2013 Sb. o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie. A s tím související legislativní dokumenty, zejména zákon č. 90/2014 Sb. – energetický zákon a zákon č. 183/2006 Sb. – stavební zákon.

PRO JAKÉ KOTLE JE NUTNÉ ZAJISTIT KONTROLU PROVOZOVANÝCH KOTLŮ A ROZVODŮ TEPELNÉ ENERGIE?

Tyto podrobnosti upravuje § 6a zákona č. 318/2012 Sb. **Povinnosti se vztahují na provozované kotle se jmenovitým výkonem nad 20 kW a příslušné rozvody tepelné energie.** Povinnost spočívá v zajištění pravidelné kontroly těchto kotlů a příslušných rozvodů tepelné energie, jejímž výsledkem je písemná zpráva o kontrole provozovaných kotlů a příslušných rozvodů tepelné energie (podrobnosti stanovuje vyhláška č. 194/2013 Sb.). Další povinností je předložení na vyžádání zprávy o kontrole provozovaných kotlů a příslušných rozvodů tepelné energie ministerstvu nebo Státní energetické inspekci a oznámení ministerstvu provedení kontroly osobou (oprávněnou podle zákona č. 318/2012 Sb. dle odstavce 3 písm. d) a předložit ministerstvu kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Unie.

KDO MŮŽE KONTROLU PROVOZOVANÝCH KOTLŮ A ROZVODŮ TEPELNÉ ENERGIE VYKONÁVAT?

Kontrolu provozovaných kotlů a příslušných rozvodů tepelné energie, které nejsou předmětem licence na výrobu tepelné energie a licence na rozvod tepelné energie podle zvláštního právního předpisu, **může provádět pouze příslušný energetický specialista,** viz zákon č. 318/2012 Sb. dle § 10 odst. 1 písm. c) nebo d).

Kontrolu provozovaných kotlů a příslušných rozvodů tepelné energie, které jsou předmětem licence na výrobu tepelné energie a licence na rozvod tepelné energie podle zvláštního právního předpisu, provádí držitel této licence na výrobu tepla a držitel licence na rozvod tepla. Zprávy o kontrolách provozovaných kotlů a příslušných rozvodů tepelné energie musejí být zpracovány objektivně, nestranně, pravdivě a úplně.

Povinnost provádět kontrolu u kotlů se jmenovitým výkonem nad 20 kW a příslušných tepelných rozvodů se nevztahuje na kotle a vnitřní rozvody tepelné energie umístěné v rodinných domech, bytech a stavbách pro rodinnou rekreaci s výjimkou případů, kdy jsou provozovány výhradně pro podnikatelskou činnost. Na kotle a vnitřní rozvody tepelné energie umístěné v rodinných domech, bytech a stavbách pro rodinnou rekreaci se poskytuje poradenství.

KDO JE OSOBA OPRÁVNĚNÁ? JAK SE STÁT ENERGETICKÝM SPECIALISTOU?

Osoba oprávněná je příslušný energetický specialista, což je fyzická osoba, která je držitelem oprávnění k provádění kontroly provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie. Oprávnění uděluje ministerstvo. Podmínky pro udělení oprávnění jsou:

- a) složení odborné zkoušky, které se prokazuje protokolem o výsledku zkoušky,
- b) způsobilost k právním úkonům,
- c) bezúhonnost, která se prokazuje výpisem z evidence Rejstříku trestů,
- d) odborná způsobilost, tzn. vysokoškolské vzdělání získané studiem v bakalářských, magisterských nebo doktorských studijních programech v oblasti technických věd a jejich oborech energetiky nebo stavebnictví a 3 roky praxe v oboru, nebo střední vzdělání s maturitní zkouškou v oblastech vzdělání technického směru v oboru energetiky nebo stavebnictví a 6 roků praxe v oboru, nebo vyšší odborné vzdělání v

oblastech technického směru v oboru energetiky nebo stavebnictví a 5 let praxe v oboru.

JAKÉ POVINNOSTI SOUVISÍ S VYKONÁVÁNÍM FUNKCE ENERGETICKÉHO SPECIALISTY?

Energetický specialista je povinen

- a) předat zprávu o kontrole provozovaného kotle a rozvodu tepelné energie vlastníkovi budovy, společenství vlastníků jednotek nebo nájemci budovy,
- b) zachovat mlčenlivost o všech skutečnostech týkajících se fyzické nebo právnické osoby, o kterých se dozvěděl v souvislosti s prováděním své činnosti,
- c) opatřit zprávu o kontrole provozovaného kotle a rozvodu tepelné energie svým jménem a číslem oprávnění uděleným ministerstvem a datem zpracování,
- d) průběžně vést v elektronické podobě evidenci o provedených činnostech a na vyžádání předat údaje z této evidence v elektronické podobě ministerstvu,
- e) předkládat na vyžádání ministerstvu nebo Státní energetické inspekci dokumenty a informace vztahující se k činnostem energetického specialisty a zpracovaným zprávám o kontrolách provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie,
- f) neprovádět činnost energetického specialisty pokud
 - 1) je statutárním orgánem nebo členem statutárního orgánu nebo je v pracovním nebo obdobném vztahu nebo má majetkovou účast v právnické osobě nebo fyzické osobě, která je vlastníkem nebo provozovatelem kotlů, rozvodů tepelné energie nebo jejich částí nebo energetického hospodářství, které jsou předmětem kontroly,
 - 2) je osobou blízkou k osobám podle bodu 1,
- g) absolvovat přezkušování podle § 10a,
- h) na vyžádání ministerstva doložit v úředně ověřené kopii dokumenty prokazující odbornou způsobilost,
- i) zpracovávat příslušné dokumenty v souladu s ustanovením zákona č. 318/2012 Sb.

Energetický specialista je dále povinen absolvovat pravidelné průběžné aktualizační odborné vzdělávání. Součástí této povinnosti je podání žádosti o absolvování průběžného vzdělávání ministerstvu nejpozději 3 měsíce před uplynutím 3 let od termínu udělení oprávnění nebo od termínu absolvování posledního průběžného vzdělávání.

JAKÉ DALŠÍ POVINNOSTI JE NUTNÉ DODRŽET S PROVÁDĚNÍM KONTROLY KOTLŮ A ROZVODŮ TEPELNÉ ENERGIE?

Zákon č. 318/2012 Sb. v § 7 hovoří o snižování energetické náročnosti budov, kdy **stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek je zároveň povinen vybavit vnitřní tepelná zařízení budov přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie konečným uživatelům** v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem a zároveň konečný uživatel je povinen umožnit instalaci, údržbu a kontrolu těchto přístrojů. Dále zajistit při užívání budov nepřekročení měrných ukazatelů spotřeby tepla pro vytápění, chlazení a pro přípravu teplé vody stanovených prováděcím právním předpisem, řídit se pravidly pro vytápění, chlazení a dodávku teplé vody, stanovenými prováděcím právním předpisem.

Pravidla pro vytápění, chlazení a dodávku teplé vody se nevztahují na dodávky uskutečňované v rodinných domech a stavbách pro rodinnou rekreaci, pro nebytové prostory za podmínky nepřekročení limitů stanovených prováděcím právním předpisem a neohrožení zdraví a majetku. Nepřekročení limitů se prokazuje energetickým posudkem.

Povinnosti podle předchozího textu se nevztahují na rodinné domy a stavby pro rodinnou rekreaci.

Dále je možné pravidla pro vytápění, chlazení a dodávku teplé vody provádět odlišným způsobem než pro byty ve vlastnictví společenství vlastníků jednotek, pokud společenství vlastníků jednotek vyjádří souhlas s odlišnými pravidly, za podmínky nepřekročení limitů stanovených prováděcím právním předpisem a neohrožení zdraví a majetku. Nepřekročení limitů se prokazuje energetickým posudkem.

JAK ČASTO A V JAKÉM ROZSAHU SE MUSÍ PROVÁDĚT KONTROLY KOTLŮ A ROZVODŮ TEPELNÉ ENERGIE?

Rozsah, četnost a způsob provádění kontroly, vzor a obsah zprávy o kontrolách provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie a kontrolách klimatizačních systémů stanoví vyhláška č.194/2013 Sb.

2. Požadavky vyhlášky č. 194/2013 Sb. o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie

Vyhláška č. 194/2013 Sb. o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie je prováděcí předpis k požadavkům zákona č. 318/2012 Sb.

CO ZAHRNUJE ČINNOST KONTROLY KOTLŮ A ROZVODŮ TEPELNÉ ENERGIE?

Při kontrole kotle a rozvodů tepelné energie je nutné zohlednit

- a) hodnocení dokumentace a dokladů kotle a rozvodů tepelné energie,
- b) vizuální prohlídku a kontrolu provozuschopnosti kotle a rozvodů tepelné energie, pokud jsou přístupné,
- c) hodnocení stavu údržby kotle a rozvodů tepelné energie,
- d) hodnocení dimenzování kotle ve vztahu k potřebám tepla pro vytápění a přípravu teplé vody v případě kotle umístěného přímo v zásobované budově,
- e) hodnocení účinnosti kotle a rozvodů tepelné energie,
- f) doporučení k ekonomicky proveditelnému zlepšení stávajícího stavu kotle a rozvodů tepelné energie.

CO OBSAHUJE ZPRÁVA O KONTROLE KOTLŮ A ROZVODŮ TEPELNÉ ENERGIE?

Obsah zprávy a její vzor je v příloze č. 3 a 4 vyhlášky č. 194/2013 Sb. Vyhláška rozlišuje, zda se jedná o kotle a rozvody tepelné energie, které jsou (příloha č. 3), nebo nejsou (příloha č. 4) provozovány na základě licence na výrobu tepelné energie. Ve stručnosti lze konstatovat, že by taková zpráva měla obsahovat:

- a) identifikační údaje o budově, kotli a rozvodech tepelné energie,
- b) podrobný popis budovy, kotle a rozvodů tepelné energie,
- c) hodnocení kotle a rozvodů tepelné energie,
- d) údaje o energetickém specialistovi,
- e) datum kontroly,
- f) ostatní údaje, kterými jsou fotodokumentace provedená při kontrole a kopie oprávnění energetického specialisty.

JE NUTNÉ U STARŠÍCH ZAŘÍZENÍ PROVÁDĚT KONTROLY KOTLŮ A ROZVODŮ TEPELNÉ ENERGIE V NĚJAKÉM BLÍZKÉM ČASOVÉM HORIZONTU?

Kontroly kotlů, které byly provedené podle předchozích právních předpisů přede dnem nabytí účinnosti vyhlášky č. 194/2013 Sb. (tj. před 1. 8. 2013), se považují za kontroly kotlů a rozvodů tepelné energie provedené podle požadavků vyhlášky č. 194/2013 Sb.

JAK ČASTO SE MUSEJÍ PROVÁDĚT KONTROLY KOTLŮ A ROZVODŮ TEPELNÉ ENERGIE?

Četnost provádění kontroly kotle a rozvodů tepelné energie je opět rozdělena podle toho, zda kotel a příslušné tepelné rozvody jsou nebo nejsou provozovány na základě licence na výrobu tepelné energie nebo licence na rozvod tepelné energie. V případech, kdy jsou kotel a rozvody tepelné energie provozovány na základě licence pro výrobu a dodávku tepelné energie, je nutné kontroly provádět pravidelně jednou ročně. Ve druhém případě je nutné postupovat dle přílohy č. 5 vyhlášky (viz tabulka č. 1). Dle vyhlášky dělíme systémy na ty s trvalým monitoringem a na ty bez trvalého monitoringu. Za trvalý monitoring vyhláška považuje elektronické monitorování kotle, tepelného rozvodu a jeho jednotlivých zařízení, kdy jsou především hodnoty spotřeby energií a parametry teploty vnitřního vzduchu průběžně

elektronicky předávány řídicímu systému otopné soustavy, který je vyhodnocuje a na jejich základě upravuje provoz kotle.

Tab. 1 Četnost provádění kontroly kotlů a rozvodů tepelné energie

Výkon kotle	Druh paliva	První kontrola po uvedení do provozu	Další kontrola	
			System je trvale monitorován [roky]	System není trvale monitorován [roky]
Od 20 kW do 100 kW	Všechna paliva	10	10	10
Nad 100 kW	Pevná a kapalná	2	10	2
	Plynná	4	10	4

JAK POSTUPOVAT U KOTLŮ NA TUHÁ PALIVA V SOUVISLOSTI SE ZÁKONEM Č. 201/2012 Sb. O OCHRANĚ OVZDUŠÍ?

V zákonu č. 201/2012 se v § 17 odstavec g) hovoří o povinnostech provozovatele stacionárních zdrojů. **Provozovatel spalovacího stacionárního zdroje na pevná paliva o jmenovitém tepelném příkonu od 10 do 300 kW včetně**, který slouží jako zdroj tepla pro teplovodní soustavu ústředního vytápění, v souladu s minimálními požadavky uvedenými k tomuto zákonu, **má povinnost provádět jednou za dva kalendářní roky** prostřednictvím osoby, která byla proškolená výrobcem spalovacího stacionárního zdroje a má od něj udělené oprávnění k jeho instalaci, provozu a údržbě (dále jen „odborně způsobilá osoba“), **kontrolu technického stavu a provozu** spalovacího stacionárního zdroje na pevná paliva o jmenovitém tepelném příkonu od 10 do 300 kW včetně, který slouží jako zdroj tepla pro teplovodní soustavu ústředního vytápění. Předložení protokolu o kontrole poté předkládat na vyžádání obecnímu úřadu obce s rozšířenou působností, vystaveného odborně způsobilou osobou potvrzující, že stacionární zdroj je instalován, provozován a udržován v souladu s pokyny výrobce a tímto zákonem.

Od září 2022 bude možné provozovat pouze taková zařízení (nejen kotle, ale i kamna a vložky s teplovodním výměníkem o celkovém příkonu od 10 do 300 kW), která splňují minimální emisní požadavky (příloha č. 11). V souladu s normou ČSN EN 303-5 se jedná o zařízení, **kteřá splňují emisní třídu 3**. Kotle nespňující emisní třídu 3 by neměly být po tomto termínu používány.

Toto ustanovení se týká i zdrojů znečišťování ovzduší umístěných v rodinných domech, stavebách pro individuální rekreaci apod. První kontrolu je provozovatel povinen zajistit do 31. prosince 2016. Dalším důležitým bodem zákona o ochraně ovzduší je odstavec 5, který zakazuje ve spalovacím stacionárním zdroji o jmenovitém tepelném příkonu 300 kW a nižším spalovat hnědé uhlí energetické, lignit, uhelné kaly a proplátky.

3. Rozdělení zdrojů tepla

Z pohledu strojního inženýrství je kotel zařízení vyrábějící horkou vodu nebo tlakovou páru pro otopné, technologické nebo energetické účely. Každý kotel se skládá ze spalovacího zařízení s příslušenstvím (ohniště, hořáky, rošt, vzduchové ventilátory atd.) a z výměňkové části, která umožňuje přenos tepla ze spalovacího procesu do teplotnosné látky [L 1].

Rozdělení kotlů (zdrojů tepla) je možné podle velmi široké řady parametrů. Základní rozdělení je možné podle použitého paliva:

- a) kotle na tuhá paliva
- b) kotle na plynná a kapalná paliva
- c) elektrokotle

Dále podle pracovního média:

- a) teplovodní a horkovodní kotle
- b) parní kotle

Podle teplotních parametrů:

- a) klasické
- b) nízkoteplotní
- c) kondenzační

Podle materiálu spalovacího materiálu:

- a) ocel (litina)
- b) slitiny hliníku
- c) měď

Podle provozních parametrů:

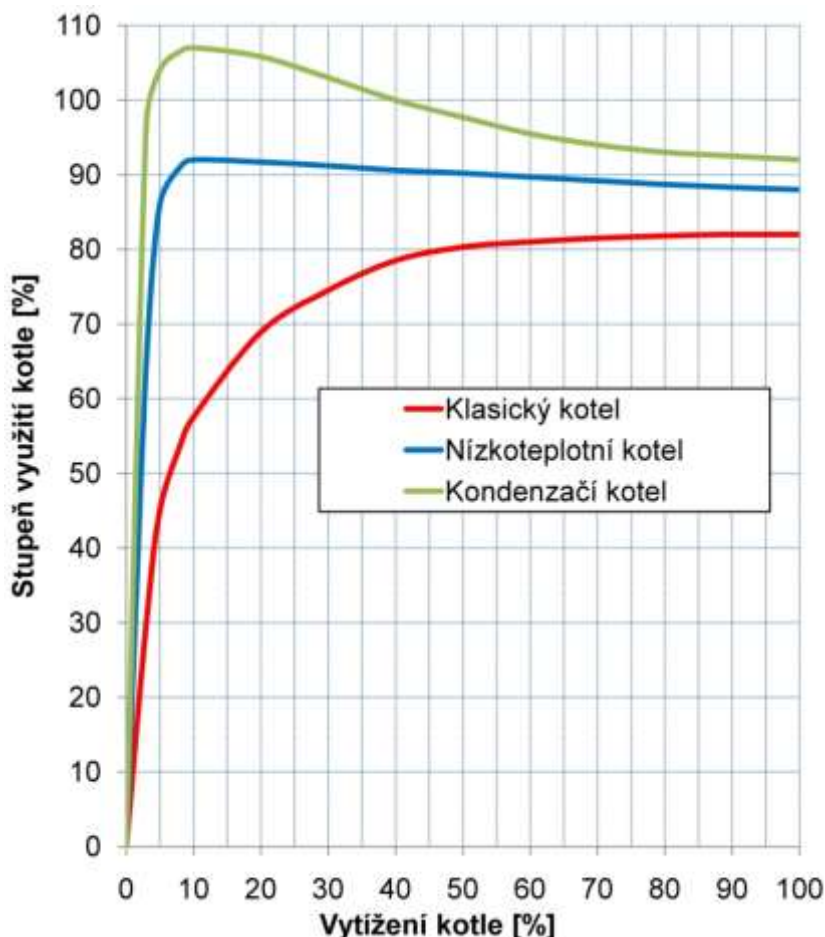
- a) nízkotlaké
- b) středotlaké
- c) vysokotlaké

Rozdělení kotlů je samozřejmě první ukazatel, který může napovědět, s jakou účinností daný typ kotle bude pravděpodobně pracovat. Z pohledu vazby na otopnou soustavu se nejčastěji pracuje s ukazatelem druhu paliva (dostupnost paliva v dané lokalitě objektu, emisní zátěž životního prostředí, cena paliva atd.) a teplotními parametry kotle (vysokoteplotní nebo nízkoteplotní otopné soustavy).

U kotlů je samozřejmě důležitý jmenovitý tepelný výkon a účinnost (kapitola 4). Z pohledu provozu je možné pracovat s tzv. stupněm využití a vytížení zdroje tepla. Obecně platí, že jakýkoli zdroj tepla (kotel) má nejvyšší účinnost při jmenovitém výkonu. Při nižším výkonu se účinnost snižuje vlivem pohotovostní ztráty a ztráty do okolí. Stupeň využití u kotlů je tak určen třemi základními parametry:

- a) komínová ztráta
- b) ztráta do okolí
- c) pohotovostní ztráta

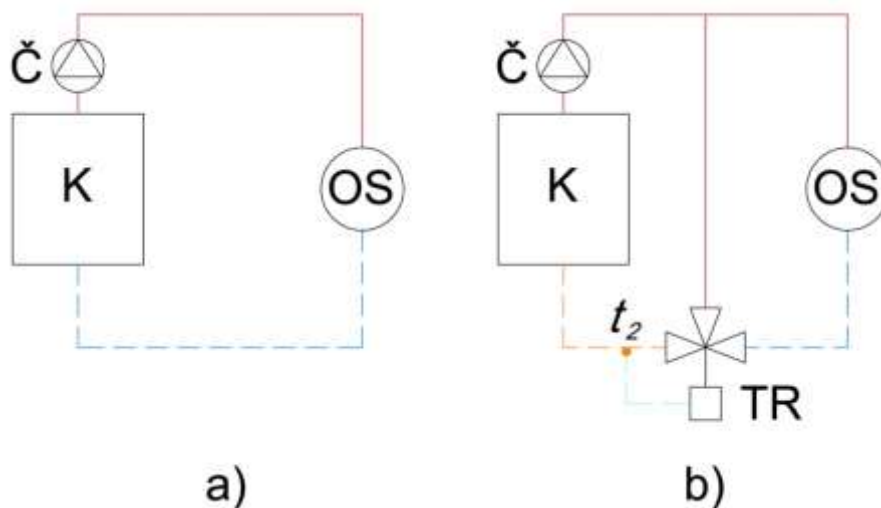
Tyto provozní parametry jsou postačující v případě kotlů provozovaných s konstantní provozní teplotou (např. 75 až 90 °C), kdy jsou téměř konstantní. U současných moderních zdrojů s modulačními hořáky nejsou provozní parametry statické, ale dynamicky se mění. Např. s klesající teplotou otopné vody klesá i teplota spalin a rovněž se snižuje ztráta tepla do okolí. Důsledkem toho je, že takovýto zdroj tepla vykazuje při dílčím zatížení zvýšení stupně využití [L 3]. Základní představu o průběhu stupně využití ve vazbě na vytížení zdroje tepla zobrazuje obr. 1.



Obr. 1 Znárodnění stupně využití v závislosti na vytížení kotle pro klasický, nízkoteplotní a kondenzační kotel.

JAKÝ JE ROZDÍL MEZI NÍZKOTEPLTNÍM A KONDENZAČNÍM KOTLEM?

Z pohledu provozu je důležité, aby každý kotel pracoval s nejvyšším možným stupněm využití a s co nejdelší životností. Životnost kotle je dána jeho správným provozem. Obecně platí, že u klasických kotlů je největším problémem tzv. nízkoteplotní koroze. Nízkoteplotní koroze je v podstatě vznik kondenzace vodní páry ve spalinách na povrchu teplosměnné plochy výměníku kotle. Tento jev vzniká samozřejmě při tzv. zátoku, chladnutí nebo i při nevhodném provozování klasického kotle. Nejdůležitějším parametrem, který ovlivňuje vznik nízkoteplotní koroze, je teplota otopné vody (tzv. teplota rosného bodu spalin) ve výměníku tepla v kotli. Vzniklý kondenzát na straně spalin je poměrně agresivní látka z pohledu korozivního působení na materiál výměníku, což ovlivní životnost klasického kotle. Z pohledu klasického kotle je proto nutné omezit vznik nízkoteplotní koroze vhodným technickým opatřením na minimum. Základní princip možného opatření ukazuje obr. 2.



Obr. 2 Princip omezení vzniku nízkoteplotní koroze u klasických kotlů

a) nevhodné zapojení

b) zapojení s trojcestným směšovacím ventilem

Instalací např. směšovací armatury (obr. 2) nebo přepouštěcího ventilu či čtyřcestné klapky apod. dochází k udržování konstantní teploty vratné větve do kotle (t_2) bez závislosti na charakteru odběru tepla ve spotřebitelském okruhu (OS). To umožňuje udržovat teplotu t_2 nad teplotou rosného bodu.

Naproti tomu nízkoteplotní kotel je zařízení, které takovouto ochranu nepotřebuje. Nízkoteplotní kotel je z výroby uzpůsoben tak (např. bypass mezi výstupem a vstupem do kotle, konstrukce tahů kotle apod.), aby v žádném případě nedocházelo k poklesu povrchové teploty teplosměnné plochy kotle pod teplotu rosného bodu spalin. Nízkoteplotní kotel je tak zařízení, které dokáže automaticky pracovat s nízkou teplotou vratné vody, aniž by docházelo k nízkoteplotní korozi kotle. Teoreticky se dá říci, že opatřením dle obr. 2b lze docílit provozu typického pro nízkoteplotní kotel.

Kondenzační kotel je zařízení, které využívá latentního (kondenzačního) tepla spalin. Tudiž je u něj kondenzace vodních par obsažených ve spalinách žádoucí k dosažení jeho vysokého normovaného stupně využití. Důvodem, proč je u kondenzačních kotlů normovaný stupeň využití vyšší než 100 %, je jeho způsob výpočtu, který je vztažen k tzv. výhřevnosti použitého paliva, ale využití kondenzačního kotle je samozřejmě ve využití spalného (celkového) tepla. Zisk tepelné energie kondenzačního kotle ve srovnání s klasickým nebo nízkoteplotním nevychází výlučně ze zisku kondenzačního tepla, ale z podstatné části z nízké tepelné ztráty spalinami (více viz kapitola 5).

4. Druhy paliv, proces spalování a potřeba spalovacího vzduchu

Přehled standardně používaných paliv, společně s hodnotami výhřevnosti, spalného tepla a maximálních emisí CO₂, uvádí tabulka č. 2.

Tab. 2 Hodnoty výhřevnosti, spalného tepla a emisí CO₂ vybraných paliv

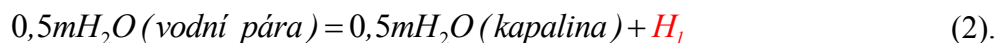
Druh paliva	Výhřevnost paliva	Spalné teplo	Maximální emise CO ₂ (kg/kWh)	
	<i>H_u</i> [kWh/jednotka]	<i>H_o</i> [kWh/jednotka]	Vztaženo k <i>H_u</i>	Vztaženo k <i>H_o</i>
Černé uhlí	8.14 kWh/kg	8.41 kWh/kg	0.350	0.339
Koks	7.50 kWh/kg	7.53 kWh/kg	0.420	0.418
Hnědé uhlí – surové	2.68 kWh/kg	3.20 kWh/kg	0.410	0.343
Hnědé uhlí – brikety	5.35 kWh/kg	5.75 kWh/kg	0.380	0.354
Lehký topný olej EL	10.08 kWh/l	10.57 kWh/l	0.312	0.298
Těžký topný olej S	10.61 kWh/l	11.27 kWh/l	0.290	0.273
Zemní plyn L	8.87 kWh/m ³	9.76 kWh/m ³	0.200	0.182
Zemní plyn H	10.42 kWh/m ³	11.42 kWh/m ³	0.200	0.182
Svítiplyn	4.48 kWh/m ³	5.00 kWh/m ³	0.200	0.179

Z pohledu spalování jsou základem pro spalovací proces tři základní chemické prvky. A sice uhlík (C), vodík (H) a kyslík (O). Zjednodušenou rovnicí spalovacího procesu pak lze napsat ve tvaru



Rovnice (1) ukazuje základní spalovací proces, při kterém dochází k uvolnění tepla dle definice výhřevnosti. Výhřevnost H_u je množství tepla uvolněného úplným spálením jednotky paliva při barometrickém tlaku v adiabatických podmínkách, za předpokladu ochlazení spalin na teplotu výchozích látek; vodní pára ve spalinách zůstane v plynném stavu.

Pokud se zaměříme na pravou stranu rovnice (1), vidíme ve spalinách emise ve formě CO₂ a vodní páru H₂O. V případě, že tato vodní pára zkondenzuje, dojde uvolnění latentního tepla. Tento proces popisuje rovnice (2).



Spalné teplo H_o je pak součet výhřevnosti H_u a latentního tepla ve spalinách H_l . Neboli množství tepla, uvolněného úplným spálením 1 m³ plynu při barometrickém tlaku v adiabatických podmínkách, za předpokladu ochlazení spalin na teplotu výchozích látek; vodní pára ve spalinách je v kapalném stavu.

JAKÝM ZPŮSOBEM LZE STANOVIT POTŘEBU SPALOVACÍHO VZDUCHU?

Problematika přívodu spalovacího vzduchu je důležitá nejen pro správný provoz spalovacích zařízení, ale také pro zajištění jejich bezpečného provozu. Podle druhu paliva a typu kotle je nutné stanovit potřebu spalovacího vzduchu, který musí být při provozu kotle zajištěn (např. vzduchotechnickým potrubím, venkovními otvory ve stavebních konstrukcích apod.). Popsání všech způsobů výpočtu pro všechny typy kotlů je nad rámec této publikace.

Pro plynové kotle je možné využít výpočet dle TPG 704 01. Jedná se o výpočet, který je určen pro plynové spotřebiče v provedení B. Spotřebič v provedení B je otevřený spotřebič, který odebírá spalovací vzduch z prostoru, kde je umístěn, a spaliny jsou odváděny do venkovního prostoru (tj. komínem nebo kouřovodem). TPG 704 01 uvádí pro stanovení potřeby spalovacího vzduchu také použitelnost tohoto postupu i pro principem podobné zdroje tepla, jako plynový spotřebič v provedení B ve tvaru

$$V_s = c \cdot V_p \cdot H_u \quad (3),$$

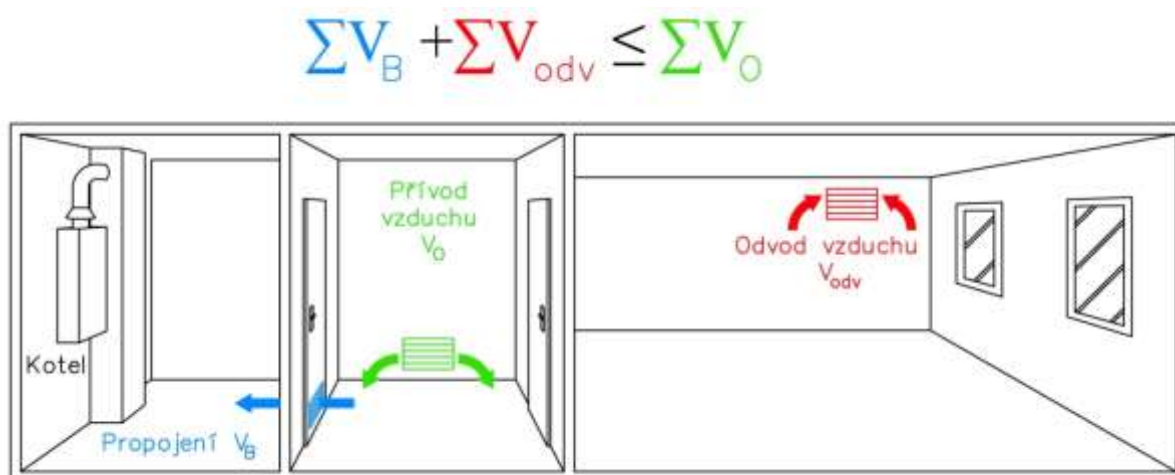
kde

- V_s – potřeba spalovacího vzduchu [m^3/h],
- c – přepočtový koeficient [$\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{kW}$],
- V_p – množství paliva ke spotřebiči [jednotka/h],
- H_u – výhřevnost [$\text{kWh}/\text{jednotku}$].

Tab. 3 Přepočtový koeficient pro různé druhy paliv dle TPG 704 01

Spotřebiče podle druhu paliva	Přepočtový koeficient c [$\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{kW}$]
Spotřebiče spalující zemní plyn	2,2
Spotřebiče spalující lehký topný olej	2,0
Spotřebiče spalující dřevo nebo uhlí, kromě krbů	3,5
Krby spalující dřevo nebo uhlí	4,0

Z pohledu spalovacího procesu je důležité, aby v prostoru, kde je kotel umístěn, nedošlo k obrácenému tahu spalin. Tzn. aby přívod spalovacího vzduchu byl dostatečný nejen pro provoz kotle, ale případně i pro další technologie. Příklad sestavení základní nerovnice pro zajištění tlakových podmínek v objektu při posuzování způsobu přívodu spalovacího vzduchu ukazuje obr. 3.



Obr. 3 Zajištění tlakových podmínek při provozu plynových spotřebičů v provedení B nebo principem podobných zdrojů

5. Energetická bilance zdroje tepla

Základním úkolem zdroje tepla (kotle) je přeměna energie obsažené v palivu na tepelnou energii. Podle zákonů termomechaniky je jasné, že se jedná o nevratný děj, a to znamená, že při přeměně formy energie dochází k ztrátám. Celková tepelná účinnost kotle se skládá z jednotlivých ztrát. Vyhláška č. 194/2013 Sb. o kontrole kotlů a tepelných rozvodů stanovuje v příloze č. 1, že účinnost kotle se zjišťuje přímou nebo nepřímou metodou.

Přímá metoda spočívá ve stanovení množství tepla předaného teplotonosné látce k množství tepla přivedeného do kotle palivem a vzduchem ve stejném časovém úseku.

$$\eta = \frac{\dot{Q}_{\text{výstup}}}{\dot{Q}_{\text{vstup}}} = \frac{M_v \cdot c_v \cdot (t_{v1} - t_{v2})}{M_{\text{paliva}} \cdot H_{u,\text{paliva}}} \quad (4),$$

kde

- $Q_{\text{výstup}}$ – teplo přivedené do kotle za čas Δt [J/s],
- Q_{vstup} – teplo předané páře nebo vodě [J/s],
- M_v – množství vyrobené vody nebo páry za čas [kg/s],
- c_v – střední měrná tepelná kapacita [J/kg·K],
- t_{v1} – výstupní teplota vody z kotle [K],
- t_{v2} – vstupní teplota vody do kotle [K],
- M_{paliva} – množství paliva přivedené do kotle za čas [jednotka/s],
- $H_{u,\text{paliva}}$ – výhřevnost paliva [J/jednotku].

Vzorec (4) je upraven tak, že je v energii přivedené do kotle zanedbáno fyzické teplo paliva a teplo přiváděné spalovacím palivem. Tyto hodnoty jsou v porovnání s teplem, které je chemicky vázané v palivu, zanedbatelné a počítá se s nimi pouze v případě ohřevu paliva anebo vzduchu pomocí cizího zdroje (ne ve vlastním kotli). V případě parních kotlů se pracuje ve výpočtu vyrobeného množství tepla s entalpiemi.

U kotlů na tuhá paliva bývá největší problém s dostatečně přesným stanovením spotřeby paliva. Neboť jsou často na kotlích instalovány mezizásobníky paliva apod. U malých kotlů je problém zejména s určením tzv. „základní vrstvy“ hořícího paliva na počátku a na konci měření účinnosti. Díky tomuto faktu je přímá metoda velmi často zatížena značnou chybou měření a výhodnější je pro stanovení účinnosti použít nepřímou metodu měření. Při certifikaci malých teplovodních kotlů (ČSN EN 303-5) je vyžadováno stanovení účinnosti přímou metodou [L 2]. Další nevýhodou přímé metody je u lokálních zdrojů tepla (krby, kachlová kamna apod.) nemožnost zahrnutí tepelných ztrát z povrchu kotle, které přispívají do tepelné bilance místnosti, do výpočtu celkové účinnosti kotle.

Nepřímá metoda je založena na stanovení jednotlivých ztrát. Vyhláška č. 194/2013 Sb. v příloze č. 1 přímo odkazuje na ČSN 07 0305 – Hodnocení kotlových ztrát. Postup nepřímé metody je založen na analýze jednotlivých ztrát, což může poskytnout informaci o jejich potenciálním snížení (rezervách), a tedy o možnostech zvýšení účinnosti kotle (tuto informaci účinnost stanovená přímou metodou neposkytne) [L 2].

Princip výpočtu je založen na tom, že teoretická účinnost ideálního kotle je 100 % a pro reálný kotel je pak snížena o jednotlivé ztráty. Matematicky lze vzorec zapsat ve tvaru

$$\eta = 100 - \sum Z_i = 100 - (Z_c + Z_{CO} + Z_f + Z_k + Z_{sv}) \quad (5),$$

kde

- Z_i – poměrná celková ztráta kotle [%],
- Z_c – poměrná ztráta způsobená únikem hořlaviny v tuhých zbytcích [%],
- Z_{CO} – poměrná ztráta způsobená únikem hořlaviny ve spalinách [%],
- Z_f – poměrná ztráta způsobená únikem tepla v tuhých zbytcích [%],
- Z_k – poměrná ztráta způsobená únikem tepla ve spalinách (komínová ztráta) [%],
- Z_{sv} – poměrná ztráta způsobená odevzdáním tepla do okolí [%].

Podrobný výpočet tepelných ztrát únikem hořlaviny v tuhých zbytcích, ve spalinách a únikem tepla v tuhých zbytcích lze nalézt např. v [L 2]. Tyto tepelné ztráty se týkají zejména zdrojů na tuhá paliva. U ostatních kotlů spalujících plynná nebo kapalná paliva jsou buď velmi malé ve srovnání s komínovými ztrátami a ztrátou odevzdáním tepla do okolí, nebo se u nich nevyskytují.

Poměrná ztráta odevzdáním tepla do okolí souvisí se sdílením tepla z povrchu kotle. Právě u lokálních topenišť či zdrojů tepla se vlastně nejedná o tepelnou ztrátu, ale tepelný zisk. Přesný výpočet je velmi zdlouhavý a pro praxi se využívají spíše nomogramy uvedené v normě ČSN 07 0305 nebo empirický vztah [L 2].

$$Z_{sv} = \frac{4 \cdot P_m}{\sqrt[3]{P_m \cdot P}} \quad (6),$$

kde

- P_m – jmenovitý výkon kotle [W],
- P – skutečný výkon kotle [W].

Nejvýznamnější tepelnou ztrátou při spalování je tepelná ztráta způsobená únikem tepla ve spalinách neboli komínová ztráta. Její velikost je přímo úměrná rozdílu teplot mezi přiváděným vzduchem pro spalování a teplotou spalin. Teoretický výpočet lze provést jako

$$Z_k = \frac{V_{spalin} \cdot c_s \cdot (t_{spalin} - t_{vz})}{H_{u,paliva}} \cdot 100 \quad (7),$$

kde

- V_{spalin} – objem spalin [m^3_N/kg],
- c_s – střední měrná tepelná kapacita spalin [$J/kg \cdot K$],
- t_{spalin} – teplota spalin na výstupu z kotle [$^{\circ}C$],
- t_{vz} – teplota vzduchu na vstupu do kotle [$^{\circ}C$],
- $H_{u,paliva}$ – výhřevnost spalovaného paliva [J/m^3_N].

Přesné stanovení objemu spalin a stejně tak jeho chemického složení je velmi složité a pro praxi téměř nepoužitelné (nomogramy, polynomické rovnice apod.) **Při standardním provozu kotle je rozhodující pro výslednou účinnost kotle komínová ztráta** (je obvykle největší ze všech ztrát). **Norma ČSN 07 0305 uvádí zjednodušený výpočet dle Siegerta, který vychází s koncentrace CO_2 ve spalinách**. Vztah lze vyjádřit jako

$$Z_k = K_1 \cdot \frac{t_{spalin} - t_{vzduchu}}{\omega_{CO_2}} \quad (8),$$

kde

- ω_{CO_2} – obsah CO_2 ve spalinách [%],
- K_1 – konstanta dle druhu paliva (viz tabulka 4) [-].

Tab. 4 Hodnoty konstanty K_1 pro vztah (8) dle ČSN 07 0305

Palivo	K_1 [-]
Koks	0,8
Černé uhlí	$1,0 \cdot K_2$
Hnědé uhlí	$1,1 \cdot K_2$
Kamenouhelný dehtový olej	0,66
Topný olej	0,6
Zemní plyn	0,48

Tab. 5 Hodnoty konstanty K_2 dle ČSN 07 0305

Obsah vody v palivu [%]	Obsah CO ₂ v suchých spalinách [%]					
	6	8	10	12	14	18
0	0,652	0,658	0,666	0,68	0,68	0,69
10	0,661	0,668	0,678	0,69	0,70	0,71
20	0,671	0,681	0,693	0,71	0,72	0,73
30	0,689	0,702	0,717	0,74	0,75	0,77
40	0,724	0,742	0,762	0,78	0,81	0,83
50	0,774	0,799	0,827	0,86	0,89	0,92
60	0,847	0,885	0,925	0,97	1,00	1,05

Příklad volby zdroje tepla z pohledu dosažení nákladově optimální úrovně

Jaká bude účinnost plynového kotle, který má jmenovitý tepelný výkon 570 kW? Při měření byl zjištěn skutečný výkon 565 °C a naměřeny hodnoty teploty spalin 185 °C, teploty spalovacího vzduchu 15 °C a obsah CO₂ ve spalinách 9,84 %.

Dosažením do vztahu (6) lze vypočítat poměrnou ztrátu odevzdáním tepla do okolí jako

$$Z_{sv} = \frac{4 \cdot P_m}{\sqrt[3]{P_m} \cdot P} = \frac{4 \cdot 570}{\sqrt[3]{570} \cdot 565} = 0,49 \% .$$

Dosažením do vztahu (8) lze vypočítat komínovou ztrátu jako

$$Z_k = K_1 \cdot \frac{t_{\text{spalin}} - t_{\text{vzduchu}}}{\omega_{\text{CO}_2}} = 0,48 \cdot \frac{185 - 15}{9,84} = 8,29 \% .$$

Ostatní poměrné tepelné ztráty můžeme u tohoto plynového kotle zanedbat. Na základě výpočtů tak lze konstatovat, že byla naměřena účinnost plynového kotle 91,2 %.

Pokud bychom teoreticky dokázali ten samý plynový kotel provozovat jako kondenzační, jak by se změnila hodnota účinnosti? Pokud bychom uvažovali teplotu spalin např. 65 °C, pak by komínová ztráta kotle byla

$$Z_{k,kond} = K_1 \cdot \frac{t_{\text{spalin}} - t_{\text{vzduchu}}}{\omega_{\text{CO}_2}} = 0,48 \cdot \frac{65 - 15}{9,84} = 2,44 \% .$$

Celková účinnost plynového kotle v režimu kondenzace by pak byla 97,1%. To potvrzuje, že přínos kondenzačního kotle ve srovnání s klasickým nebo nízkoteplotním nevychází výlučně ze zisku kondenzačního tepla, ale z podstatné části z nízké tepelné ztráty spalinami.

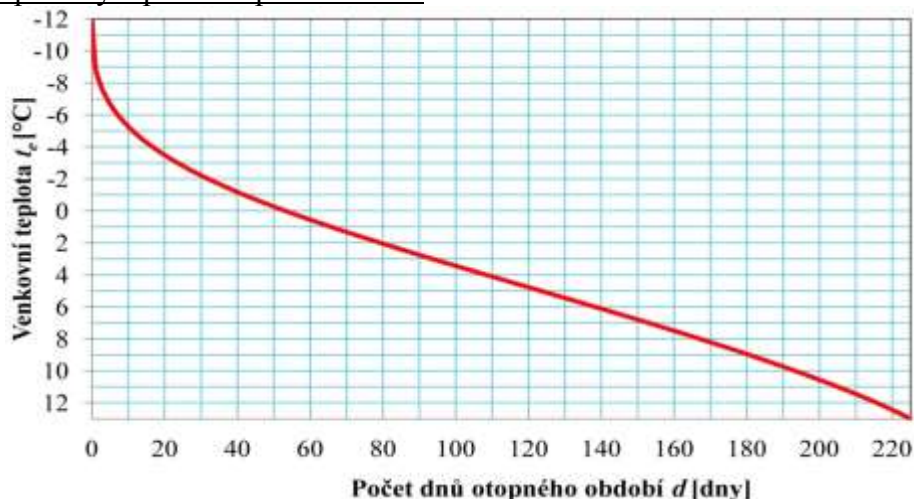
JE PROTO NEJLEPŠÍ NAVRHOVAT POUZE KONDENZAČNÍ KOTEL?

Návrh zdroje tepla musí v první fázi respektovat možnosti použitého paliva a požadavky na odběr tepla (centrální zásobování teplem, lokální otopná soustava, příprava teplé vody, technologie apod.). Zejména na základě požadavků na teplotní parametry teplotnosné látky lze uvažovat o správném typu kotle. Z obrázku 1 je zřejmé, že maximálního stupně využití lze dosáhnout u kondenzačních kotlů v případě provozu kotle na nižších hodnotách vytížení. Proto je vhodné předimenzování kondenzačního kotle tak, aby větší část svého provozu pracoval s největším stupněm využití. Na druhou stranu tuto myšlenku je nutné chápat velmi obezřetně, protože každý kotel má minimální (startovací) výkon. Jeho velikost je závislá na konkrétní konstrukci hořáku a teplosměnné plochy kotle. Standardně se pohybuje mezi 10 až 35 % jmenovitého tepelného výkonu kotle.

Příklad volby zdroje tepla z pohledu dosažení nákladově optimální úrovně

Objekt má tepelnou ztrátou 35 kW a zdroj tepla bude provozován výhradně pro potřeby vytápění objektu. Základním parametrem pro volbu zdroje tepla je samozřejmě hledisko pokrytí potřeby tepla. Nicméně při volbě je vhodné zohlednit další parametry:

a) Průběh potřeby tepla v otopném období



Obr. 4 Průběh křivky venkovní teploty pro lokalitu Praha

Z obr. 4 je zřejmé, že vypočtená tepelná ztráta objektu 35 kW je stanovena pro venkovní výpočtovou teplotu $t_{ev} = -12$ °C. Délka otopného období pro lokalitu Praha je cca 225 dnů. Pokud by námi vybraný kotel např. kondenzační plynový o jmenovitém tepelném výkonu 60 kW měl minimální výkon cca 21 kW, znamenalo by to sice, že kotel bude pracovat s nižším vytížením a tudíž s lepším stupněm využití (obr. 1), ale také to znamená, že při venkovní teplotě vyšší než + 8,5 °C by potřeba tepla na vytápění objektu byla nižší, než je minimální výkon takto navrženého zdroje tepla. To představuje výrazný problém s provozem kotle, protože by podle obr. 4 docházelo cca 50 až 60 dní v otopném období k neustálému cyklování chodu kotle (krátkodobé spínání a vypínání kotle), což by se projevilo jednak na zhoršení stupně využití a emisní zátěži kotle do okolí, ale také na životnosti jednotlivých komponent kotle (hořák, spínací automatika, apod.).

b) Požadavky na teplotu teplonosné látky

Pokud je otopná soustava navržena na teplotní spád např. 75/65 °C (teplota přívodní vody do otopných ploch / teplota vratné vody do kotle), není vhodné navrhovat kondenzační kotel, u kterého je požadavek na co nejnižší teplotu vratné vody do kotle k vytvoření co nejlepších podmínek pro kondenzaci vodních par obsažených ve spalínách. Nicméně i zde je důležité znát průběh potřeby tepla během provozu zdroje tepla. V případě obr. 4 je jasné, že maximálních hodnot tepelných ztrát bude dosahováno pouze ve velmi malém časovém úseku v roce (cca 14 dní). Pokud má navržený kotel ekvitermní regulaci (tzn. regulaci teploty otopné vody v závislosti na geometrické venkovní teplotě), je zřejmé, že požadavek na projektovaný teplotní spád otopné soustavy bude požadován pouze oněch 14 dní v roce. S klesající venkovní teplotou vzduchu budou klesat i tepelné ztráty objektu a zároveň dle ekvitermní křivky bude klesat požadavek na teplotu otopné vody. Otázkou tedy zůstává, kdy bude požadavek na teplotní spád vyhovovat podmínkám pro kondenzační provoz kotle a jaký pak bude výsledný stupeň využití takového zařízení.

c) Investice do otopné soustavy

S bodem b) přímo souvisí zvážení investičních nároků otopné soustavy. Pokud bude striktně navrhován kondenzační kotel a projekt bude uvažovat tzv. nízkoteplotní otopnou soustavu (např. 55/40 °C, atd.), aby kotel pracoval vždy v kondenzačním režimu, pak důsledkem toho bude potřeba větší velikosti teplosměnné plochy ve srovnání se soustavou navrženou na teplotní spád 75/65 °C. To s sebou přináší vyšší investiční nároky na otopnou soustavu a tím i také zvážení doby návratnosti investičních a provozních nákladů.

JAK PROVÁDĚT KONTROLU DIMENZOVÁNÍ KOTLE K POŽADAKU NA VYTÁPĚNÍ BUDOVY A PŘÍPADNĚ DALŠÍ ODBĚRY TEPELNÉ ENERGIE?

Kontrolu kotle s ohledem na jeho správné dimenzování uvádí příloha č. 1 vyhlášky č. 194/2013 Sb. K hodnocení správnosti dimenzování kotle k požadavkům na odběr tepla vyhláška zavádí bezrozměrný parametr vyjadřující poměr průměrného výkonu kotle k jmenovitému výkonu. Tento poměr lze vyjádřit jako

$$L_{av} = \frac{Q_f}{P_n \cdot t_m} \quad (9),$$

kde

- L_{av} – porovnávací parametr [-],
 Q_f – energie paliva spotřebovaného za časový interval t_m [kWh],
 P_n – instalovaný výkon kotle [kW],
 t_m – časový interval [h].

Pokud je kotel správně dimenzován, je hodnota L_{av} vyšší než uvádí tabulka č. 6. Výsledek je dále nutné ověřit porovnáním instalovaného tepelného výkonu otopných ploch v otopné soustavě budovy.

Tab. 6 Referenční hodnoty pro L_{av} dle vyhlášky č. 194/2013 Sb.

Typ budovy	Referenční rozsah L_{av} [-]	
	Sezónní venkovní teplota	Projektová venkovní teplota
Jednotlivá budova	0,15 – 0,3	0,5 – 0,7

Řadová (bloková) budova	0,2 – 0,3	0,6 – 0,8
-------------------------	-----------	-----------

6. Rozvody tepelné energie

Pod pojmem rozvody tepelné energie rozumíme potrubní síť, která zajišťuje přenos teplotně nosné látky. Může se jednat o parní, horkovodní a teplovodní síť nebo síť pro rozvod teplé vody a chladu včetně přípojek, předávacích nebo výměňkových stanic a zařízení pro vnitřní rozvod tepelné energie, chladu a teplé vody v budovách (dále „potrubní sítě“). Z pohledu nutnosti kontrol definovaných vyhláškou č. 193/2007 Sb. do této kategorie nespadá potrubí pro chladicí vodu z energetických a technických procesů, které odvádí tepelnou energii do okolního prostředí (§1a).

Potrubní sítě dělíme podle způsobu propojení otopných těles, pracovní teploty, konstrukce expanzní nádoby, oběhu vody či materiálu rozvodu. Materiál, ze kterého se potrubní síť provádí, je nutno zvážit vzhledem k odlišným mechanickým vlastnostem těchto materiálů. V současné době se potrubní sítě převážně navrhují z:

- a) oceli
- b) mědi
- c) plastu
- d) nebo jde o vrstvená potrubí s kovovou vložkou

Každý materiál má své výhody i nevýhody. Materiál použitý pro potrubní síť by měl splňovat několik kritérií. Mezi nejdůležitější kritéria patří vysoká odolnost proti korozi, jednoduchá a rychlá montáž, měl by být rezistentní vůči teplotně nosné látce a měl by zamezit vnikání kyslíku do vody (platí pro plastová potrubí). Potrubní síť by měla být chráněna proti korozi zevnitř i zvenku. Největším problémem z pohledu vzniku koroze je v potrubních sítích přítomnost kyslíku. K tomu, abychom zamezili vnikání kyslíku do otopné soustavy, je nutné zajistit ve všech místech otopné soustavy přetlak proti venkovní atmosféře vhodným zapojením oběhového čerpadla do otopného systému.

Ocelová potrubí

Ocelová potrubí jsou tradičním materiálem, který se používá pro potrubní sítě teplovodního vytápění. Na rozvody do DN 50 se používá běžných závitových trubek, ale pro větší průměry je vhodné použít trubky hladké bezešvé. Nevýhodou ocelového potrubí je jeho nízká odolnost proti korozi a také vyšší hmotnost. Spojování ocelového potrubí se zpravidla provádí svařováním, a to buď elektrickým obloukem, nebo plamenem, spojování lze také provádět rozebíratelným způsobem, a to přes šroubení. Ocelové potrubí by mělo být poté opatřeno ochranným nátěrem proti korozi po celé délce.

Potrubí z mědi

Mezi největší přednosti měděného potrubí patří velmi vysoká odolnost proti korozi, velká pevnost a s tím související možnost použití malých tloušťek stěn potrubí a malá hmotnost na 1 m potrubí, jednoduchá a rychlá montáž. Další důležitou vlastností měděných trubek je jejich menší tlaková ztráta na 1 m potrubí ve srovnání s potrubím ocelovým. Nelze však tvrdit, že měď nepodléhá korozi, avšak intenzita atmosférické koroze je u měděných trubek o řád menší než u ocelového potrubí. Nevýhodou měděného potrubí je však jeho vyšší pořizovací cena a také skutečnost, že je třeba pamatovat na větší teplotní roztažnost než u oceli – cca o 40 % větší. Měděné potrubí se většinou spojuje kapilárním pájením a závitové spoje se používají pro napojení armatur a dalších prvků.

Plastová potrubí

Plastová potrubí nabízejí podobné vlastnosti jako potrubí měděná, tzn. menší hydraulickou ztrátu, pevnost a lehkost, jednoduchost montáže, odolnost vůči korozi a nejsou agresivní vůči otopné vodě. Problémem všech plastových potrubí je ovšem jejich stárnutí. Životnost plastových potrubí je dána maximální teplotou otopné soustavy, provozním přetlakem a rozměrem potrubí (průměr x délka). Značnou nevýhodou plastových potrubí je také jejich teplotní délková roztažnost, která je až 10x větší než u kovových materiálů, nevýhodou je také maximální teplotní hranice, při které jsou ještě zachovány mechanické vlastnosti a menší tlaková odolnost. Dalším problémem plastových potrubí je difúze molekul kyslíku stěnami potrubí. Proto pro otopné soustavy je důležité použití materiálů, které tuto difúzi potlačují. Mezi nejrozšířenější používaná plastová potrubí patří:

- a) síťovaný polyetylén (PEX, VPE) – dobrá tlaková odolnost i při vyšších teplotách (do 100 °C), dobré mechanické vlastnosti, nedá se svařovat, pouze lepit nebo lisovat,
- b) polybuten (polybutylen PB) – je dobře ohebný a má velkou pevnost, vyrábí se proto i tenčí než normální plastová potrubí, využití hlavně pro podlahové vytápění, může se svařovat, lepit nebo spojovat mechanickými spojkami, nevýhodou je křehkost,
- c) statický polypropylen (PP-R, PP-RC) – dobrá ohebnost (obsahuje 20 až 30 % etylénové složky), dá se svařovat i lepit, maximální provozní teplota do 90 °C,
- d) chlorované PVC – teplotní odolnost až do 120 °C, problematické spojování (pouze tvarovkami dodané stejným výrobcem, tj. se stejnými vlastnostmi jako potrubí),
- e) polyvinylidenfluorid PVDF – teplotní odolnost až do 140 °C, dobře zpracovatelný, odolný vůči UV a Gama záření = nestárne tak rychle, dobré mechanické vlastnosti, ale je poměrně drahý.

Další typy a vlastnosti plastového potrubí jsou samozřejmě dány konkrétním výrobcem.

Vrstvená potrubí s kovovou vložkou

Vícevrstvé trubky spojují přednosti kovů a plastů. Vnitřní strana potrubí, kde protéká tekutina, je plastová. Stabilní jádro tvoří kovový materiál, např. hliníková trubka, která je chráněná proti vnější korozi další ochrannou vrstvou. Díky kovové vložce tak vícevrstvé potrubí nemá tak velkou délkovou roztažnost jako klasické plastové potrubí. Spojování vícevrstevných trubek se provádí převážně lisovanými mechanickými spojkami nebo šroubovými spojkami. Nevýhodou je ale vyšší cena a pracnost při montáži.

CO ZPŮSOBUJE KOROZI V POTRUBNÍCH ROZVODECH?

Hlavním důvodem vzniku koroze v potrubí je přítomný kyslík. Kyslík působí na vnitřní strany potrubí a vytváří tak tenký stejnoměrný povlak, který se skládá z zásadité uhličitanové sloučeniny = povrchová koroze. Povrchová koroze není sám o sobě až tak škodlivý jev, protože vytváří jakýsi povlak, který chrání vnitřní povrch potrubí. Oproti tomu bodová koroze může vzniknout buď vinou výrobní technologie (např. ulpění maziva obsahující uhlík), anebo vznikem inkrustací na vnitřní straně trubky vlivem špatného chemického složení vody (čím více železa voda obsahuje, tím více se zvyšuje riziko bodové koroze) a *pH*.

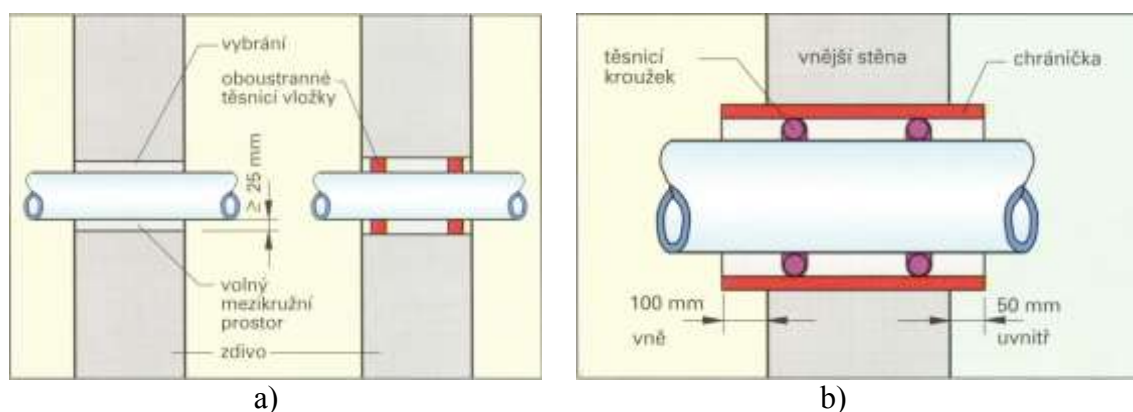
U ocelových trubek se doporučuje *pH* = 10, u měděných vyšší hodnota *pH* nevadí, ale nedoporučuje se. Další zásadou pro zabránění vzniku koroze je dodržení předepsaných rychlostí proudění otopné vody, při vyšších rychlostech (v oblasti turbulence) má proudění

nahodilý (neuspořádaný) charakter, a narušuje tak ochranný povlak na vnitřním povrchu potrubí, a podporuje tak vznik bodové koroze.

Další příčiny vzniku koroze lze hledat v chemickém složení vody, hydraulickém provedení potrubní sítě anebo v nevhodně zvolených materiálech potrubí ve vazbě na další prvky otopné soustavy (výměník zdroje tepla, otopné plochy, regulační armatury). Obecně lze říci, že materiály s rozdílným elektrickým potenciálem (např. ocel, měď a hliník) znamenají vyšší riziko koroze v potrubních sítích.

JAKÉ PROBLÉMY MŮŽE ZPŮSOBIT DÉLKOVÁ ROZTAŽNOST POTRUBÍ?

Způsoby vedení potrubí v budovách předurčují možnosti upevňování. Při upevňování potrubí je nutné dbát na protihlukovou a protipožární ochranu, ale také pamatovat na tepelnou rozpínavost potrubí. Při průchodu potrubí stěnami nebo stropy nesmí být oslabována nosná část zdiva. Potrubí v obvodovém zdivu musí být uloženo v chráničkách. Průrazy stěn a stropů je třeba provádět tak, aby bylo možné kromě potrubí zabudovat i tepelnou izolaci, která by měla být neagresivní vůči stavebním prvkům. U protipožárních stěn musí být izolace nehořlavá. V oblasti průchodu potrubí stěnou nemají být trubní spoje.



Obr. 5 Možné řešení průchodů potrubí stěnami

- a) bez chráničky
- b) s chráničkou

Při tepelném namáhání potrubí, tj. ohřívání nebo chladnutí, vzniká v potrubí napětí, které se přenáší do upevnění potrubí jako axiální síla. V praxi se většinou uvažuje se změnou délky potrubí, tj. prodloužením nebo naopak smrštěním. Vztah pro výpočet délkového prodloužení potrubí je

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad (10)$$

kde

- Δl – změna délky potrubí [mm],
- l_0 – délka úseku potrubí [m],
- α – součinitel teplotní délkové roztažnosti potrubí, viz tabulka 7 [mm/m·K],
- Δt – rozdíl teplot [K].

Pro představu, o kolik se může potrubí DN 15 při teplotním rozdílu 50 K (napuštění otopné soustavy studenou vodou o teplotě 10 °C a její ohřátí na provozní teplotu 60 °C) pro různé materiály prodloužit, je uvedena tabulka 8.

Tab. 7 Mechanické vlastnosti materiálu potrubí

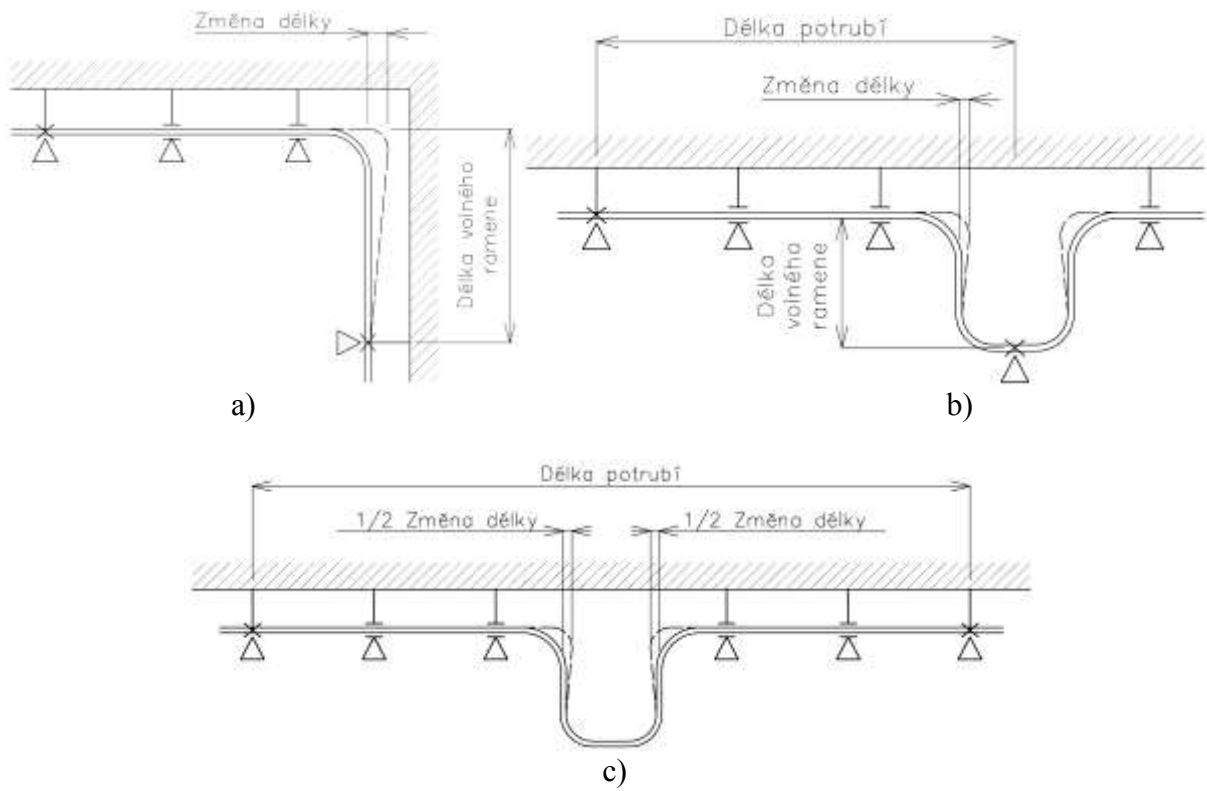
Materiál potrubí	Součinitel délkové roztažnosti α [mm/m·K]	Modul pružnosti E [MPa]	Hmotnost potrubí DN 15 [kg/m]
Ocel	0,012	200 až $250 \cdot 10^3$	1,23
Měď	0,017	110 až $130 \cdot 10^3$	0,48
Hliník	0,0238	66 až $76 \cdot 10^3$	0,34
AL-PEX (vícevrstvé)	0,026	5 až $7 \cdot 10^3$	0,147
PVC	0,08	3 až $9 \cdot 10^3$	0,137
PEX	0,15	6 až $9 \cdot 10^3$	0,169
PE-HD (PN 10)	0,18	0,8 až $1,4 \cdot 10^3$	0,174

Pozn. S nárůstem teploty roste i součinitel teplotní délkové roztažnosti potrubí, hodnoty uvedené v tabulce lze použít při výpočtech do 200 °C.

Tab. 8 Změna délky 10 m dlouhého potrubí DN 15 při ohřátí o 50 K

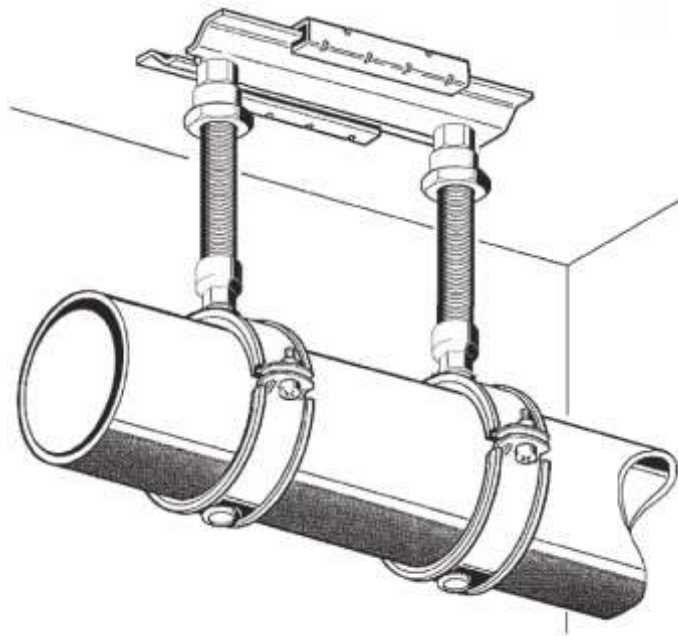
Materiál potrubí	Změna délky Δl [mm]
Ocel	6
Měď	8,5
Hliník	12
AL-PEX (vícevrstvé potrubí)	13
PVC	40
PEX	75
PE-HD (PN 10)	90

Nejjednodušším způsobem, jak lze kompenzovat délkové změny vlivem teplotní roztažnosti, je použití posuvného uložení potrubí s vytvořením ohybu potrubní trasy (obr. 6). Posuvné uložení potrubí je způsob uchycení, kdy je potrubí zabráněno vybočit z osy trasy, ale v ose potrubí může docházet k dilatačnímu pohybu trubky. Posuvné uložení lze provést buď volnou objímkou (objímka není pevně dotažena na povrchu trubky), nebo speciálně upraveným závěsem potrubí (např. obr. 7). Při průchodu potrubí zdí u kluzného uložení musí být trubka opatřena chráničkou. Pevné uchycení je takové, které neumožňuje dilatace, tj. v místě podpory se pohybovat v ose potrubí. Pevný bod může být realizován v místech ohybu potrubí, osazení armatury či vodoměru, případně v místě odbočky. U kompenzátorů jde většinou o zabudování mezi dva pevné body. Potrubí se nesmí upevňovat v místě lisovacích tvarovek. U delších úseků se doporučuje umístit pevný bod uprostřed, aby se prodloužení rozdělilo na dvě části. Při návrhu kompenzátoru je důležitým hlediskem materiál potrubí, a to z důvodu rozdílného modulu pružnosti u kovů a plastů. Pro většinu nomogramů je výchozí veličinou materiál potrubí, průměr a změna délky potrubí Δl , která má být kompenzována.



Obr. 6 Kompenzace délkové roztažnosti potrubí

- a) lomem trasy
- b) U – kompenzátor s pevným vyložení
- c) U – kompenzátor s volným vyložení



Obr. 7 Příklad kluzného uložení potrubí

7. Požadavky vyhlášky č. 193/2007 Sb.

Vyhláška č. 193/2007 Sb. stanovuje podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu. Tato vyhláška stanovuje požadavky na účinnost užití energie v nově zřizovaných zařízeních pro rozvod tepelné energie a pro vnitřní rozvod tepelné energie a chladu, a na vybavení těchto zařízení tepelnou izolací, regulací a řízením u parních, horkovodních a teplovodních sítí a sítí pro rozvod teplé vody a chladu včetně přípojek, s výjimkou chladicí vody z energetických a technologických procesů, která odvádí tepelnou energii do okolního prostředí. Dále platí pro předávací nebo výměňkové stanice a zařízení pro vnitřní rozvod tepelné energie, chladu a teplé vody v budovách.

Vyhláška 193/2007 Sb. dále stanovuje způsob zjišťování tepelných ztrát zařízení pro rozvod tepelné energie a vnitřní rozvod tepelné energie, chladu a teplé vody. Podrobnosti vyhlášky č. 193/2007 Sb. se vztahují na rozvodná tepelná zařízení a vnitřní rozvody tepelné energie a chladu sloužící k dodávkám tepelné energie bytovým objektům nebo společně bytovým objektům, pro technologické účely a pro nebytové prostory.

JAKÝM ZPŮSOBEM JE NUTNÉ CHÁPAT ZÁVAZNOST HODNOT UVEDENÝCH VE VYHLÁŠCE č.193/2007 Sb.?

Dle § 2 odstavce 3 je možné při navrhování nových a při rekonstrukci stávajících tepelných sítí použít řešení, pro které minimální, respektive maximální hodnoty nemusí být dodrženy, pokud je navrženo výhodnější řešení na základě optimalizačního výpočtu respektujícího ekonomicky efektivní úspory energie (více v kapitole 10).

CO ZNAMENÁ POŽADAVEK NA UDRŽOVÁNÍ TEPELNÉ POHODY PODLE KLIMATICKÝCH PODMÍNEK?

Dle § 3 odstavce 3 se musí teplotní látka a její parametry v tepelném rozvodu pro vytápění v průběhu otopného období udržovat podle klimatických podmínek na teplotě nezbytně nutné pro zajištění dodávky tepelné energie, potřebné k dosažení tepelné pohody uživatelů napojených bytových a nebytových prostor.

Výklad pro mnohé projektanty znamená automaticky použití ekvitermní regulace. Jedná se o regulaci podle venkovních klimatických podmínek, a to buď přímo, kdy je regulován zdroj tepla, nebo nepřímo, kdy je regulována vstupní teplota vody proudící do soustavy. U současných budov, které díky vysokým kvalitám tepelnotechnických vlastností obvodových konstrukcí, řízenému větrání s rekuperací tepla, velkoplošných způsobů vytápění atd., je ovšem tento „univerzální“ přístup nedostačující. Je nutné si uvědomit vazbu mezi dynamikou zdroje tepla, rozvodů otopné soustavy a otopných ploch. Pro některé budovy se proto hodí ekvitermní regulace s vazbou na vnitřní teplotu, pro jiné regulace dle vnitřní zátěže. Také využití tzv. prediktivní regulace nemusí být vždy samospásné.

PROČ MUSÍ BÝT KAŽDÝ SPOTŘEBIČ TEPELNÉ ENERGIE OPATŘEN UZAVÍRACÍ ARMATUROU?

Dle § 4 odstavce 1 má být každý spotřebič tepelné energie opatřen armaturou s uzavírací schopností, pokud to jeho technické řešení a použití připouští. Každé otopné těleso se vybavuje ventilem s uzavírací a regulační schopností s regulátorem pro zajištění místní regulace a u dvoubodového napojení, vyjma jednotrubkových otopných soustav, též regulačním šroubením, pokud se nejedná o případ podle § 7 odst. 5 (tzn. regulace musí zajistit úsporný, bezhlučný a bezporuchový provoz celé otopné soustavy odpovídajícími technickými prostředky).

Tento požadavek je logický s ohledem na nutnost hydraulického vyvážení otopné soustavy. Na druhou stranu ne zřídka se v odborné praxi stále zaměřuje funkce termostatického regulačního ventilu s termostatickou hlavicí. Termostatická hlavice je pouze místní regulace, která reaguje na požadavek vnitřní teploty koncovým uživatelem. Nejběžnější nastavení stupně 3 obvykle znamená pásmo proporcionality teploty vzduchu od 18 °C do 22 °C. Jiné nastavení je pak plně v kompetenci konečného uživatele a jeho požadavkům na tepelnou pohodu daného prostoru. Oproti tomu termostatický regulační ventil má také přednastavení, to ale číselně odpovídá tlakové ztrátě, kterou ventil vyvozuje v potrubní síti. Toto nastavení musí udávat projekt vytápění a uživatel by neměl toto nastavení v žádném případě měnit.

PROČ JE PŘÍVODNÍ TEPLOTA DO OTOPNÝCH TĚLES OMEZENA NA 75 °C?

Dle § 4 odstavce 3 pro vytápění s nuceným oběhem teplotonosné látky nevýrobních objektů se volí teplota teplotonosné látky na vstupu do otopného tělesa do 75 °C. Pro vytápění s přirozeným oběhem otopné vody se volí teplota teplotonosné látky na vstupu do otopného tělesa maximálně 90 °C.

Důvod lze hledat v hygienickém požadavku na kvalitu vnitřního prostoru. Při vysokých povrchových teplotách otopných ploch (řádově nad 80 °C) dochází k zvýšení cirkulace jemných prachových částic ve vytápěném prostoru. Důkaz o tomto jevu poskytuje tzv. termoforéza. Termoforéza je charakteristická usazováním částic aerosolu na chladných površích, neboť při styku s takovými povrchy částice ztrácejí svou kinetickou energii. To vysvětluje usazování prachu na stěnách a stropě, poblíž kamen, radiátorů, lamp apod. Naopak u otopných soustav s přirozeným oběhem vody je vysoká teplota otopné vody podmíněna nutností vyvození co největšího dispozičního tlaku pro cirkulaci otopné vody.

JAKÝM ZPŮSOBEM ZAPOČÍTÁVAT TEPELNÉ ZISKY Z NEIZOLOVANÉHO POTRUBÍ?

Dle § 4 odstavce 5 je tepelná energie předávaná do vytápěného prostoru z neizolovaného potrubí považována za trvalý tepelný zisk, který se uvažuje při návrhu tepelného výkonu otopných těles podle tabulek 1 a 2 uvedených v příloze č. 2 vyhlášky, jestliže projektovaná teplota teplotonosné látky v rozvodu je rovna nebo vyšší než 60 °C. Přípojně potrubí k otopnému tělesu se respektuje až od délky 2 m.

Je jasné, že s klesajícími hodnotami tepelných ztrát u nových a rekonstruovaných budov mohou tepelné zisky od neizolovaného potrubí představovat významnou tepelnou zátěž vnitřního prostoru. Při stanovení tepelných ztrát je proto nutné tyto zisky zohlednit. Způsob výpočtu je podrobně popsán v kapitole 9.

JAK SE MÁ NAVRHOVAT TLOUŠŤKA TEPELNÉ IZOLACE?

Celá problematika navrhování tepelné izolace je zahrnuta v § 5 (rozvody tepelné energie a vnitřní rozvod tepelné energie pro vytápění, technologické účely a pro rozvod teplé vody) a § 8 (tepelná izolace zásobníků teplé vody a expanzních nádob). S ohledem na důležitost této části vyhlášky je jí věnována celá samostatná kapitola 10.

CO PŘEDÁVACÍ STANICE, KOTELNY A JEJICH VYBAVENÍ?

Tomuto tématu se věnuje § 6. Z pohledu požadavků na zajištění hospodárneho provozu platí stejné podmínky jako o teplotonosné látce (regulace v závislosti na klimatických podmínkách). Výjimkou jsou kotelny s násypnými kotli na tuhá paliva. Zde je nutné k hospodárnému a ekologicky šetrnému provozu uzpůsobit hydraulické napojení zdroje tepla s dostatečným akumulacním prostorem.

Předávací stanice se přednostně zřizují samostatně pro jednotlivé odběratele. Společné stanice pro více odběratelů se při rekonstrukcích nahrazují přednostně stanicemi pro jednotlivé odběratele. Příprava teplé vody je u předávacích stanic řešena vždy jako tlakově nezávislá s oddělením ohřívající a ohřívané teplotně látky teplosměnnou plochou. Pro vnitřní rozvody tepelné energie ve zdrojích tepelné energie a v předávacích stanicích platí shodné požadavky na vybavení tepelnou izolací jako podle § 5 (kapitola 10).

JAKÝM ZPŮSOBEM SE MUSÍ POSTUPOVAT V RÁMCI REGULACE A ŘÍZENÍ DODÁVKY TEPELNÉ ENERGIE?

Vyhláška č. 193/2007 Sb. v tomto pamatuje na oběhová čerpadla a požadavky na jmenovitý průtok u otopných soustav (§ 7). Oběhová čerpadla se navrhuje na jmenovitý průtok a tlakovou ztrátu hlavní zásobované větve rozvodu. Tento požadavek je vcelku logický, ale problém vyhlášky je její starší datum vydání (2007). Dle § 7 odstavce 2 se oběhová čerpadla v předávacích stanicích a v otopných soustavách se jmenovitým tepelným výkonem nad 50 kW vybavují automatickou plynulou nebo alespoň třístupňovou regulací otáček, pokud tomu nebrání způsob provozování čerpadel. Tento požadavek je u dnešních moderních oběhových čerpadel samozřejmě splněn (např. použití Δp -c nebo Δp -v charakteristiky oběhového čerpadla). Nicméně použití takovýchto oběhových čerpadel i pro menší otopné soustavy by mělo být s ohledem na snahu, aby provoz otopné soustavy byl na nákladově optimální úrovni (pohled vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov) téměř povinností. S tím samozřejmě souvisí požadavek na seřízení průtoků u otopných soustav a rozvodů teplé vody tak, aby odpovídaly projektovaným jmenovitým průtokům s maximální odchylkou $\pm 15\%$. Měření se provádí při uvádění do provozu, po odstranění závažných provozních závad, při nedostatečném zásobování nebo přetápění u některého odběratele či spotřebitele a při změnách zařízení, které ovlivňují tlakové poměry v síti, zejména při připojení nových a odstavení stávajících odběratelů či spotřebitelů. Protokol o měření a nastavení průtoků zůstává trvale uložen u provozovatele rozvodu či vnitřního rozvodu.

V § 7 odstavci 4 je dále zahrnut požadavek na vybavení spotřebičů místní regulací tak, aby se dosáhlo zohlednění tepelných zisků z oslunění a vnitřních tepelných zisků (např. termostatické hlavice u otopných těles apod.). U skupin spotřebičů a u skupin místností stejného typu a druhu využití v nebytovém objektu se přípouští skupinová regulace (např. zónová regulace podle orientace na světové strany atd.).

JAK POSTUPOVAT V PŘÍPADĚ ROZVODŮ CHLADU?

Na rozvody chladicích látek, jejich tepelné izolace, regulaci a řízení dodávky chladu se vztahují podobné požadavky jako pro rozvody tepelné energie. Návrh a výpočet tloušťky tepelné izolace souvisí nejen s požadavkem na minimalizaci provozních ztrát, ale také i s problematikou tzv. „rosení“ potrubí. Při povrchové teplotě potrubí nižší, než je teplota rosného bodu, dochází na povrchu potrubí ke kondenzaci vodních par. Tento jev je nežádoucí nejen z pohledu zvýšení rizika koroze u kovových potrubí, ale také z pohledu bezpečnosti provozu, např. při sdruženém vedení s elektroinstalacemi apod.

Parametry pro tepelnou izolaci (tj. tloušťka tepelné izolace) jsou shodné jako u tepelných sítí v rozsahu provozních teplot od $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. V případě provozní teploty chladicí látky nižší než $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se rozvody chladu opatřují tepelnou izolací s minimální tloušťkou danou 1,5násobkem tloušťky stanovené podle § 5 odst. 9 a 11 (podrobně kapitola 10).

Požadavky na vlastnosti použité tepelné izolace jsou z oblasti tepelnotechnických ($\lambda \leq 0,038\text{ W/m}\cdot\text{K}$) a z oblasti parotěsnosti (izolace s kovovým opláštěním musí mít difuzní odpor ve

spojích $\mu > 7000$, tepelná izolace bez parotěsného materiálu nebo vnějšího oplechování musí mít difuzní odpor ve spojích $\mu > 5000$).

JAKÉ METODY ZJIŠŤOVÁNÍ TEPELNÝCH ZTRÁT A ZISKŮ POTRUBNÍCH SÍTÍ LZE POUŽÍVAT?

Na tuto otázku odpovídá § 10 vyhlášky č. 193/2007 Sb. a dále její přílohy č. 1 až 4. V následujících kapitolách budou tyto způsoby podrobně popsány a budou také uvedeny příklady řešení. Pro zjišťování tepelných ztrát a zisků v zařízeních pro rozvod tepelné energie, chladu a teplé vody v provozních podmínkách se používá provozních metod. Provozní metody jsou Schmidtova, termovizní a kalorimetrická. Popis provozních metod je uveden v příloze č. 4 vyhlášky č. 193/2007 Sb. Přesnost naměřených hodnot, tj. tepelného toku, popř. tepelné vodivosti, je horší než 5 %. Provozní metody ověřují tepelně izolační vlastnosti především tepelnou vodivostí a tepelnými ztrátami. V protokolu z provozního měření se zaznamená

- a) datum, čas a délka měření,
- b) technický popis měřicího zařízení a místa měření,
- c) rozměry měřené izolace, zejména průměry potrubí, složení a tloušťky vrstev,
- d) druh izolačního materiálu a jeho stav,
- e) provozní teploty, teplota okolí, klimatické poměry.

8. Stanovení účinnosti rozvodů tepelné energie

Způsob výpočtu je podrobně uveden v příloze č. 1 vyhlášky č. 193/2007 Sb. Stanovení účinnosti užití energie pro rozvod tepelné energie se vypočítává pro dvě základní hlediska. První je účinnost dopravy tepelné energie a je určena vztahem

$$\eta_c = \frac{m \cdot P_N + \sum_{i=1}^k n_i \cdot P_{SN,i}}{P_N} \quad \text{a zároveň platí } v + m + n = 1 \quad (11),$$

kde

- P_N – jmenovitý výkon čerpadla [kW],
- P_{SN} – příkon čerpadla při nižších než jmenovitých otáčkách [kW],
- k – počet pevně nastavitelných stupňů otáček provozu čerpadla [-],
- v – poměrná část provozní doby čerpadla za otopné období, kdy čerpadlo nepracuje [-],
- m – poměrná část provozní doby čerpadla za otopné období, kdy čerpadlo pracuje se jmenovitými otáčkami [-],
- n – poměrná část provozní doby čerpadla za otopné období, kdy čerpadlo pracuje se sníženými otáčkami, u čerpadel s proměnnými otáčkami je $n = 0,5$ [-].

Druhé hledisko výpočtu, které je také zakotveno ve vyhlášce č. 194/2013 Sb. o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie (příloha č. 2), vychází z pohledu tepelných ztrát rozvodů. Lze vyjádřit jako

$$\eta_z = \frac{\sum_{i=1}^k Q_{OD,i}}{Q_{ZD}} \quad (12),$$

kde

- $Q_{OD,i}$ – teplo odebrané i-tým odběrným místem [GJ],
- Q_{ZD} – teplo dodané zdrojem [GJ].

Příklad výpočtu účinnosti dopravy tepelné energie:

Otopná soustava bytového domu s vlastní výměňkovou stanicí má dobu provozu otopné soustavy 228 dní. Jmenovitý výkon čerpadla je 45 W. Příkon čerpadla při nižších otáčkách je 24 W a čerpadlo pracuje s proměnnými otáčkami ($n = 0,5$). Poměrnou část provozní doby čerpadla, kdy čerpadlo nepracuje, lze neuvažovat, protože čerpadlo po dobu otopného období pracuje nepřetržitě, tj. $v = 0$. Z toho vyplývá, že poměrná část provozní doby čerpadla za otopné období, kdy čerpadlo pracuje se jmenovitými otáčkami, je $m = 0,5$. Účinnost užití energie z pohledu dopravy tepelné energie pak vyjádříme jako

$$\eta_c = \frac{m \cdot P_N + \sum_{i=1}^k n_i \cdot P_{SN,i}}{P_N} = \frac{0,5 \cdot 45 + 0,5 \cdot 24}{45} = 0,77 \Rightarrow 77\%$$

Výpočet z pohledu tepelných ztrát rozvodů pro totožnou soustavu lze stanovit na základě výpočtu měrné tepelné ztráty potrubí pro jednotlivé úseky potrubní sítě. Tento výpočet je podrobně popsán v kapitole 10 – Návrh energeticky efektivní tloušťky tepelné izolace.

9. Tepelné zisky od neizolovaných potrubí

Pokud vytápěným prostorem prochází potrubí, které je tepelně neizolované (např. vertikální větve – stoupačky, přípojné potrubí k otopným tělesům) a které ze svého povrchu sdílí teplo do vytápěného prostoru, jedná se o dodatečný tepelný výkon, resp. zisk pro vytápěný prostor. Samozřejmě z pohledu rozvodů potrubních sítí se také jedná i tepelnou ztrátu rozvodů tepla. Teplo z teplotonosné látky protékající potrubím se sdílí z povrchu neizolované trubky do vytápěného prostoru konvekcí (prouděním) a radiací (sáláním). Základní zjednodušený vztah, který nám umožní stanovit tepelný výkon jednoho metru trubky, je následující:

$$\dot{Q} = (\alpha_k + \alpha_s) \cdot S_{tr} \cdot (t_{tr} - t_i) \quad (13),$$

kde

- α_k – součinitel přestupu tepla konvekcí [W/m²·K],
- α_s – součinitel přestupu tepla sáláním [W/m²·K],
- S_{tr} – vnější povrch potrubí o délce 1 m [m²/(m_{tr})],
- t_{tr} – povrchová teplota potrubí (lze uvažovat $t_{tr} \approx t_w$) [°C],
- t_i – teplota okolního vzduchu [°C].

Přestup tepla konvekcí (prouděním) je fyzikálně velmi složitý jev, přesný výpočet je možný jen v některých jednoduchých případech. Praktické výpočty se dnes provádějí obvykle podle kritériálních rovnic nebo podle empirických vztahů. Pro přestup tepla konvekcí u **svislého potrubí** lze použít kritériální rovnici ve tvaru

$$\alpha_k = 1,45(t_w - t_i)^{0,25} \quad (14),$$

a pro **vodorovné potrubí** ve tvaru

$$\alpha_k = 1,22 \left(\frac{t_w - t_i}{d} \right)^{0,25} \quad (15),$$

kde

- t_w – střední teplota vody ve sledovaném úseku potrubí [°C],
- t_i – vnitřní výpočtová teplota [°C],
- d – vnější průměr potrubí [mm].

Mechanismus sálavého přenosu tepla je zásadně odlišný od mechanismu molekulárního nebo turbulentního přenosu. Tepelné záření (sálání) se liší od ostatních elektromagnetických vln pouze způsobem svého vzniku (vzniká v důsledku teplotních excitací). Pro případ potrubí je nutné do výpočtu zahrnout několik předpokladů. První je, že potrubí je místností zcela obklopeno, a proto je možné úhlový součinitel osálení mezi potrubím a okolními plochami uvažovat $\varphi_{tr,i} = 1$. Další zjednodušení platí pro emisivity. Emisivita (resp. poměrná pohltivost) je definována jako poměr intenzity vyzařování skutečného měřeného tělesa k intenzitě vyzařování absolutně černého (ideálního) tělesa se stejnou teplotou. Emisivita povrchu okolních stěn, na které potrubí sálá, je většinou v rozsahu $\varepsilon_{op} = 0,93$ až $0,95$. Z tohoto důvodu je možné pro tyto případy emisivitu okolních ploch zanedbat. Poslední zjednodušení je s ohledem na teplotu okolních ploch t_u . Pro výpočet je možné tuto teplotu nahradit teplotou vzduchu, tj. $t_u \approx t_i$. Zjednodušený zápis pro součinitel přestupu tepla sáláním je pak možný ve tvaru

$$\alpha_s = \frac{\varepsilon_{tr} \cdot \varepsilon_{op} \cdot c_0 \cdot \left(\left(\frac{T_{tr}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_u}{100} \right)^4 \right)}{(t_{tr} - t_u)} \approx \frac{\varepsilon_{tr} \cdot c_0 \cdot \left(\left(\frac{T_{tr}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_i}{100} \right)^4 \right)}{(t_{tr} - t_i)} \quad (16),$$

kde

- c_0 – součinitel sálání absolutně černého tělesa [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$]
 $C_0 = 10^8 \cdot \sigma = 5,67$ [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$],
- σ – Stefan-Boltzmannova konstanta ($5,67 \cdot 10^{-8}$ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$),
- ε – emisivita potrubí (pro standardní nátěry se pohybuje od 0,92 do 0,94) [-],
- T – absolutní teplota [K].

Dále jsou uvedeny tabulky pro směrné hodnoty tepelného výkonu neizolovaného potrubí vztažené na 1 m délky (tabulky 9 a 10). Tabulky platí pro vnitřní výpočtovou teplotu 20 °C. V případě potřeby výpočtu pro jinou vnitřní teplotu vzduchu, nestandardní průměry nebo emisivitu potrubí či okolních ploch je možné použít předchozích vztahů.

Tab. 9 Směrné hodnoty tepelného výkonu pro vertikální potrubí vztažené na 1 m délky potrubí (viz příloha č. 2 vyhlášky č. 193/2007 Sb.)

Průměr potrubí [DN]	Vnitřní teplota [°C]	Teplota vody v potrubí [°C]						
		90	85	80	75	70	65	60
		Tepelný výkon neizolovaného potrubí [W/m]						
10	20	45	40	35	30	30	25	20
15	20	60	50	45	40	35	30	30
20	20	70	65	60	50	45	40	35
25	20	90	80	70	65	55	50	40
32	20	110	100	90	80	70	60	55
40	20	125	115	100	90	80	70	60
50	20	150	140	120	110	100	85	75

Tab. 10 Směrné hodnoty tepelného výkonu pro horizontální potrubí vztažené na 1 m délky potrubí

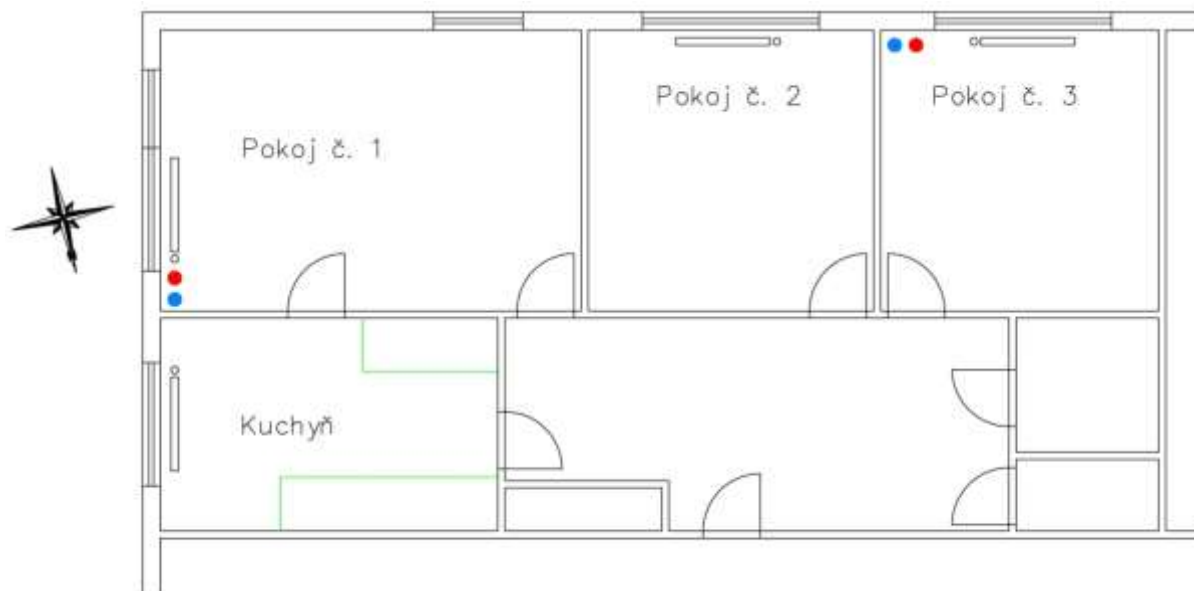
Průměr potrubí [DN]	Vnitřní teplota [°C]	Teplota vody v potrubí [°C]						
		90	85	80	75	70	65	60
		Tepelný výkon neizolovaného potrubí [W/m]						
10	20	35	30	30	25	25	20	15
15	20	45	40	35	30	30	25	20
20	20	55	50	45	40	35	30	25
25	20	70	60	55	50	45	40	30
32	20	85	75	70	60	55	50	40
40	20	95	85	80	70	60	55	50
50	20	115	105	90	85	75	65	55

Pozn.: Metody stanovení emisivity pro různé materiály jsou popsány v kapitole 11 – Metody zjišťování tepelných ztrát a zisků potrubních sítí

Příklad výpočtu tepelných zisků u bytu 3+1 v bytové zástavbě:

Úkolem příkladu je porovnat tepelné zisky neizolovaného potrubí, vertikálních přívodních a vratných větví otopné soustavy v bytě o dispozici 3+1 a podlahové ploše 84,2 m². Dispozice

bytu společně s otopnými tělesy a otopnou soustavou je znázorněna na obr. 8. Přívodní i vratné potrubí otopné soustavy umístěné v bytě má dimenzi DN 25. Vnitřní výpočtová teplota vzduchu je 20 °C ve všech obytných místnostech. Teplota vody v přívodním potrubí je 75 °C, ve vratném potrubí 60 °C. Bytový dům je z roku 1984 a jeho konstrukce má původní tepelnětechnické vlastnosti.



Obr. 8 Dispozice řešeného bytu

Dle obrázku 8 jsou v řešeném bytě dvě vertikální neizolovaná potrubí. Pokud budeme uvažovat výšku podlaží 2,6 m, pak pro Pokoj č.1 a Pokoj č. 3 můžeme z tabulky 9 odečíst tepelný zisk:

$$Q = 2,6 \cdot 65 + 2,6 \cdot 40 = 273 \text{ W}.$$

V případě tepelné ztráty Pokoje č. 1 a také Pokoje č. 3 je nutné při výpočtu od tepelné ztráty prostupem a větrání odečíst tepelný zisk neizolovaného potrubí ve výši 273 W. Při původních tepelnětechnických vlastnostech z roku 1984 se u Pokoje č. 1 jednalo o tepelnou ztrátu ve výši $1400 - 273 = 1127 \text{ W}$ a u Pokoje č. 2 o $750 - 273 = 477 \text{ W}$.

Po rekonstrukci bytového domu (zateplení fasády domu a výměna oken) je nově vypočtená tepelná ztráta Pokoje č. 1 $\Rightarrow 480 \text{ W}$ a Pokoje č. 2 dokonce pouze $\Rightarrow 180 \text{ W}$. Tento výsledek znamená při zachování původního teplotního spádu výrazný problém. Navíc u Pokoje č. 3 tak dochází k trvalému přetápění, které uživatel nemá šanci jakýmkoli způsobem regulovat. Tento důsledek je velmi často v projektech pro zateplení bytových domů opomíjen a jeho důsledky mají fatální dopady na tepelnou pohodu v domě.

Nedílnou součástí projektu pro zateplení stávajících budov tak musí být přepočítání otopné soustavy na nové podmínky tepelných ztrát a výpočet nového teplotního spádu pro stávající otopné plochy v domě.

10. Návrh energeticky efektivní tloušťky tepelné izolace

Návrh tepelné izolace je v současnosti nejvíce diskutovaným problémem vyhlášky č. 193/2007 Sb. Z pohledu projektanta je nejdůležitější § 5, 8 a příloha č. 3 vyhlášky. Následující otázky jsou proto voleny tak, aby co nejvíce odpovídaly na reálné problémy, ke kterým v praxi dochází.

KDY POTRUBÍ IZOLOVAT?

- 1) **Tepelné sítě** – pokud v tepelné síti (nebo její části), která prochází netemperovanými prostory a neslouží k temperování prostorů, proudí teplotně vyšší látka o teplotě vyšší než 40 °C, pak se musí vybavit tepelnou izolací.
- 2) **Vnitřní rozvody** – na všech vnitřních rozvodech musí být instalována tepelná izolace, pokud tyto rozvody nejsou určeny k vytápění nebo temperování okolního prostoru.
- 3) **Akumulační zásobníky a otevřené expanzní nádoby** – vždy musí být izolovány (minimální tloušťka izolace je 100 mm pro $\lambda = 0,045 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ u pasivních zásobníků pro $\lambda = 0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, nebo $U \leq 0,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). U dlouhodobých nebo sezonních zásobníků tepelné energie se tloušťka tepelné izolace určuje optimalizačním výpočtem respektujícím ekonomicky efektivní úspory energie.
- 4) **Armatury a příruby** – musí být izolovány snímatelnou izolací, pokud to přímo neohrožuje nebo neovlivňuje jejich funkci. Minimální tloušťka izolace je stejná jako u potrubí téhož jmenovitého průměru.

Pokud je třeba zajistit vychlazení kondenzátu pod určenou teplotu a vychlazení není možné zajistit v dochlazovačích umožňujících využití takto získaného tepla, pak je možno ve výjimečných případech neinstalovat izolace na kondenzátní potrubí a nádrže.

JAKOU IZOLACI NAVRHOVAT?

Tepelná izolace u vnitřních rozvodů s teplotně vyšší látkou do 115 °C se navrhuje tak, že její povrchová teplota je o méně než 20 K vyšší oproti teplotě okolí a u vnitřních rozvodů s teplotně vyšší látkou nad 115 °C o méně než 25 K oproti teplotě okolí.

Pro tepelné izolace rozvodů se použije materiál mající součinitel tepelné vodivosti λ u rozvodů menší nebo roven 0,045 W/m·K a u vnitřních rozvodů menší nebo roven 0,040 W/m·K (hodnoty λ udávány při 0 °C), pokud to nevyklučují bezpečnostně technické požadavky.

MUSÍ SE IZOLOVAT I MALÉ PRŮMĚRY POTRUBÍ?

U vnitřních rozvodů menšího průměru než DN 10 se při stanovení tloušťky tepelné izolace přihlíží k izolačnímu, logicky neřešitelnému rozporu. Tepelná ztráta energie se v případě neizolovaného potrubí děje z povrchu trubky. V případě, že malý průměr potrubí zaizolujeme, sice snížíme povrchovou teplotu a tím i tepelnou ztrátu, ale na druhou stranu několikrát zvětšíme přestupní plochu, ze které dochází k tepelné ztrátě. Úspora tak někdy není ani 5 %, a není tudíž úměrná vynaloženým nákladům. Z tohoto důvodu je výhodnější potrubí menších průměrů než DN 10 neizolovat.

CO KDYŽ NELZE ZAIZOLOVAT ARMATURY, UCHYCENÍ POTRUBÍ NEBO KOMPENZÁTOR?

Při výpočtu tepelných ztrát rozvodů se tepelné ztráty neizolovanými armaturami, uložením a kompenzátory postihují opravným součinitelem vztaženým na délku potrubí

- a) u bezkanálového uložení 1,15,
- b) při vedení v kanálech 1,25,
- c) u nadzemního nebo pozemního vedení 1,30.

JAKOU TLOUŠŤKU IZOLACE NAVRHOVAT?

U rozvodů se tloušťka tepelné izolace stanoví výpočtem tak, aby součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky potrubí U byl menší nebo roven jak hodnoty uvedené v následujících tabulkách (viz příloha č. 3, vyhláška č. 193/2007 Sb.).

Tab. 11 Určující hodnoty součinitelů prostupu tepla vztažených na jednotku délky (1 m) u vnitřních rozvodů

DN	10 až 15	20 až 32	40 až 65	80 až 125	150 až 200
U [W/m·K]	0,15	0,18	0,27	0,34	0,40

Tab. 12 Určující hodnoty součinitelů prostupu tepla vztažených na jednotku délky (1 m) u rozvodů uložených v zemi

DN	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200
U	0,14	0,17	0,18	0,21	0,23	0,25	0,27	0,28	0,32	0,36	0,38	0,39
[W/m·K]	0,16	0,19	0,20	0,24	0,26	0,30	0,31	0,32	0,36	0,40	0,44	0,46

A – pevné potrubí, B – pružné potrubí a potrubí zdvojená (uložená vedle sebe)

Postup výpočtu tloušťky tepelné izolace je dán vyhláškou č. 193/2007 Sb., na druhou stranu je nejprve nutné ještě vysvětlit § 5 odstavec 11. A sice: **„U vnitřních rozvodů se minimální tloušťka tepelné izolace stanoví výpočtem tak, aby součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky potrubí U byl menší nebo roven hodnotě uvedené v příloze č. 3.“** Hodnoty součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v tabulkách 11 a 12. Zároveň ale musí být dodrženy maximální povrchové teploty izolace. Tady je nutné připomenout také § 2 odstavec 3, kdy minimální, respektive maximální hodnoty nemusí být dodrženy, pokud je navrženo výhodnější řešení na základě optimalizačního výpočtu respektujícího ekonomicky efektivní úspory energie.

Dále je nutné zmínit větu § 5 odstavce 11: **„U vnitřních rozvodů plastových a měděných se tloušťka tepelné izolace volí podle vnějšího průměru potrubí nejbližšího vnějšímu průměru potrubí řady DN.“**

Než projektant začne s výpočtem tloušťky tepelné izolace, musí zvážit obě výše uvedená hlediska. V případě plastových nebo měděných potrubí je volba poměrně jednoduchá. V případech potrubí uloženého v zemi se projektant většinou řídí izolačními třídami předizolovaného potrubí. Třída 3 většinou splňuje podmínky vyhlášky č. 193/2007 Sb. bez nutnosti dalších výpočtů.

Obecný výpočet tloušťky tepelné izolace je založen na výpočtu součinitele prostupu tepla válcovou stěnou (potrubím) ve tvaru

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot D} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{tr}} \cdot \ln\left(\frac{d}{D}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{d_{iz}}{d}\right) + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} \quad (17),$$

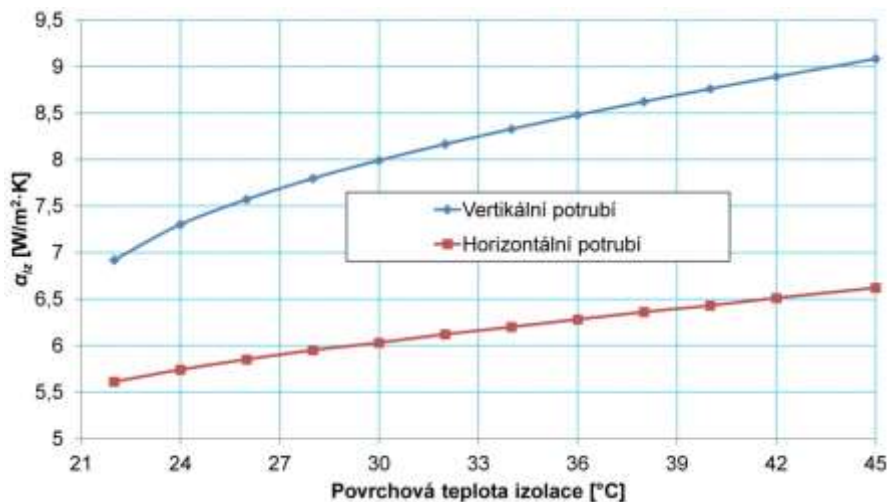
kde

- U – součinitel prostupu tepla vztážený na jednotku délky [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$],
- D – vnitřní průměr trubky [m],
- d – vnější průměr trubky [m],
- d_{iz} – vnější průměr izolace [m],
- α_{iz} – součinitel přestupu tepla na povrchu izolace [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$],
- α_i – součinitel přestupu tepla na vnitřní straně trubky [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$],
- λ_{iz} – součinitel tepelné vodivosti tepelné izolace [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$],
- λ_{tr} – součinitel tepelné vodivosti materiálu trubky [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$],
- t_e – teplota okolního vzduchu [$^{\circ}\text{C}$],
- t_{iz} – povrchová teplota tepelné izolace [$^{\circ}\text{C}$].

Na výsledcích vzorce 17 má nejvýraznějších vliv tepelný odpor ve stěně tepelné izolace a přestup tepla na vnější straně tepelné izolace. Tepelný odpor při přestupu tepla z teplotnosné látky do stěny potrubí má na celkovém výsledku vzorce minimální podíl a je možné ho zanedbat. V případě použití kovového potrubí (ocel, měď) lze ve výpočtu zanedbat také vedení tepla stěnou potrubí. Pro praktické výpočty tak lze vztah přepsat do tvaru

$$U \approx \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{d_{iz}}{d}\right) + \frac{1}{\alpha_{iz} \cdot d_{iz}}} \quad (18).$$

Součinitel přestupu tepla lze vypočítat podle vzorce (14), (15) (tj. buď pro vertikální, nebo horizontální potrubí) a vzorce 16. Je jasné, že povrchová teplota, která má přímý vliv na výsledek výpočtu, je samozřejmě závislá na vypočtené tloušťce potrubí. V tuto chvíli se tedy jedná o soustavu rovnic o dvou neznámých. Hodnotu celkového součinitele přestupu tepla na povrchu potrubí v závislosti na povrchové teplotě pro teplotu okolí 20°C ukazuje graf na obr. 9.



Obr. 9 Celkový součinitel přestupu tepla v závislosti na povrchové teplotě izolace pro okolní teplotu 20°C

Z uvedeného obrázku 9 vyplývá, že pro horizontálně vedené potrubí se součinitel přestupu tepla pohybuje v rozmezí hodnot od cca $5,5$ do $6,5 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$, pro vertikální potrubí je to od cca $7,0$ do $9,0 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$. Maximální povrchová teplota izolace byla volena 45°C v souladu s požadavkem vyhlášky č. 193/2007 Sb., a sice, že u vnitřních rozvodů s teplotnosnou látkou do

115 °C se tepelná izolace navrhuje tak, že její povrchová teplota je o méně než 20 K vyšší oproti teplotě okolí (pro náš příklad $t_i = 20$ °C) a u vnitřních rozvodů s teplonosnou látkou nad 115 °C je povrchová teplota vyšší o méně než 25 K oproti teplotě okolí.

V případě výpočtu součinitele prostupu tepla potrubí s tepelnou izolací vedeného v podzemí je nutné do vztahu (17) nebo (18) místo součinitele přestupu tepla na vnější straně tepelné izolace dosadit přímo tepelný odpor zeminy R_z . Vyhláška č. 193/2007 Sb. uvádí následující hodnoty:

- sypká zemina a písek $R_z = 1,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$,
- skála $R_z = 0,42 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$,
- zemina pod hladinou spodní vody $R_z = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Vzorec (18) (analogicky i 17) pak nabývá tvaru

$$U \approx \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{d_{iz}}{d}\right) + \frac{R_z}{d_{iz}}} \quad (19).$$

Příklad výpočtu tloušťky tepelné izolace:

Jaká by měla být tloušťka izolace dle požadavků vyhlášky č. 193/2007 Sb. pro horizontální ocelové potrubí DN 25 ($D = 27,2$ mm a $d = 33,7$ mm), $\lambda_{iz} = 0,04$ W/m·K? Dle tabulky 11 by potrubí s tepelnou izolací mělo splňovat hodnotu součinitele prostupu tepla $U \leq 0,18$ W/m²·K. Hodnotu součinitele přestupu tepla pro horizontální potrubí lze zvolit $\alpha_{iz} = 6$ W/m²·K (obr. 9). Po dosazení do vzorce 18 by měla být výsledná tloušťka izolace

$$0,18 \leq \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,04} \cdot \ln\left(\frac{d_{iz}}{0,0337}\right) + \frac{1}{6 \cdot d_{iz}}} \Rightarrow d_{iz} \geq 122,5 \text{ mm} \Rightarrow s_{iz} \geq 44,4 \text{ mm}.$$

Výsledek výpočtu je na první pohled velmi znepokojující, a to zejména pro projektanty, protože představa, že je nutné v budově upevňovat nebo zakrývat potrubí o průměru cca 125 mm, je úkol často velmi obtížně řešitelný. Proto je k příkladu nutné přistoupit i z druhého pohledu, a to je § 2 odstavec 3, který pojednává o optimalizačním výpočtu respektujícím ekonomicky efektivní úspory energie. Tento postup znamená zaměřit se na energetické úspory dosažené navyšováním tloušťky tepelné izolace vůči investičním nákladům. Základem tohoto postupu je stanovení měrné tepelné ztráty potrubí na jednotku délky. Odvození vzorce je založeno na vztahu (17) a Fourierova zákona vedení tepla. Po zanedbání přestupu tepla z teplonosné látky do stěny potrubí a vedení tepla stěnou potrubí (obdobně jako u vzorce 18) je možné stanovit měrnou tepelnou ztrátu potrubím jako

$$q \approx \frac{(t_{wm} - t_i)}{\frac{1}{2\pi \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{d_{iz}}{D_{tr}}\right) + \frac{1}{\pi \cdot d_{iz}} \cdot \frac{1}{\alpha_{iz}}} \quad (20),$$

kde

- q – měrná tepelná ztráta potrubí [W/m],
- t_{wm} – střední teplota teplonosné látky v posuzovaném období [°C],

t_i – teplota okolního prostředí [°C].

Střední teplotu teplotnosné látky, pokud se jedná o potrubní síť vytápění, lze vyjádřit jako

$$t_{wm} = \frac{(t_w - t_i) \cdot (t_v - t_e)}{(t_i - t_e)} + t_i \quad (21),$$

kde

t_w – maximální teplota teplotnosné látky [°C],
 t_i – teplota prostředí, ve kterém se potrubí nachází [°C],
 t_v – průměrná venkovní teplota v posuzovaném období [°C],
 t_e – venkovní výpočtová oblastní teplota [°C].

Pro výpočet potrubních sítí s konstantní teplotou teplotnosné látky (např. rozvody teplé vody) platí $t_{wm} = t_w$.

Další výpočty jsou založené na ekonomickém hodnocení a vycházejí z vyjádření Státní energetické koncepce k vyhlášce č. 193/2007 Sb.

Cenu tepla zahrnující inflaci a diskontní růst cen tepla lze stanovit

$$C_{tepla} = \frac{C_{tl} \cdot ((1 + z - i)^n - 1)}{(n \cdot (z - i))} \quad (22),$$

kde

C_{tepla} – střední reálná cena tepla v posuzovaném období [Kč/kWh],
 C_{tl} – současná cena tepla [Kč/GJ / 277,78 = Kč/kWh],
 z – předpokládaný roční nárůst ceny tepla [-],
 i – předpokládaná míra inflace [-],
 n – počet posuzovaných let [roky].

Náklady na provoz jednotkové délky izolovaného potrubí za stanovené období je

$$N_q = q \cdot 24 \cdot \tau \cdot C_{tepla} \cdot n / 1000 \quad (23),$$

kde

N_q – náklady na provoz jednotkové délky izolovaného potrubí za posuzované období [Kč/m],
 τ – délka posuzovaného období [dny/rok].

Náklady na tepelnou izolaci se stanoví podle platného ceníku daného výrobcem posuzované tepelné izolace. **Nejnižší součet nákladů na provoz jednotkové délky izolovaného potrubí s nákladem na tepelnou izolaci (samozřejmě vždy pro různé tloušťky izolace) udává ekonomicky efektivní tloušťku izolace.**

Pro stejné zadání předchozího příkladu (potrubí dimenze DN 25) je nutné pro optimalizační výpočet znát dobu provozu potrubní sítě $\tau = 216$ dní (délka otopného období). Cenu tepla $C_{tl} = 560$ Kč/GJ s diskontem ve výši $z = 7,5$ %. Předpokládanou míru inflace $i = 5$ %. Počet posuzovaných let $n = 5$ let. Součinitel tepelné vodivosti izolace $\lambda_{iz} = 0,04$ W/m·K. Teplotu teplotnosné látky v potrubí $t_w = 70$ °C, teplotu prostředí, ve kterém se potrubí nachází $t_i = 15$ °C, průměrnou venkovní teplotu v posuzovaném období $t_v = 4,3$ °C, venkovní

výpočtovou oblastní teplotu $t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$. Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu tepelné izolace (shodný jako v předchozím výpočtu) $\alpha_{iz} = 6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Střední teplota teplotnosné látky je dle vzorce (21),

$$t_{wm} = \frac{(t_w - t_i) \cdot (t_v - t_e)}{(t_i - t_e)} + t_i = \frac{(70 - 15) \cdot (4,3 - (-12))}{(20 - (-12))} + 20 = 45,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Tabulka 13 Výpočet ekonomicky efektivní tloušťky tepelné izolace pro zadání dle příkladu – Polyetylenová tepelná izolace bez hliníkové fólie

Tloušťka izolace [mm]	0,005	0,009	0,013	0,02	0,025	0,03	0,04
Měrná tepelná ztráta potrubí q [W/m]	24,70	15,01	11,24	8,21	7,07	6,29	5,29
Náklady na provoz N_q [Kč/m]	1511,55	918,38	687,57	502,60	432,34	384,63	323,42
Cena izolace [Kč/m]	17,55	25,65	44,77	80,10	116,28	142,66	206,86
Suma	1529,09	944,04	732,34	582,70	548,62	527,29	530,28

Tabulka 13 ukazuje, že ekonomicky efektivní tloušťka tepelné izolace pro potrubí DN 25 (dle zadaných teplotních a tepelnotechnických vlastností) je 30 mm. Ve srovnání s výpočtem, který respektuje pouze předepsaný součinitel prostupu tepla, je rozdíl v tloušťce izolace cca 33 %. Z pohledu ekonomie je jasné, že čím bude růst cen energií vyšší, tím se optimální tloušťka tepelné izolace potrubí bude zvyšovat. Naproti tomu může působit rostoucí cena tepelné izolace a inflace, oba tyto parametry mohou způsobit opačný trend, tj. naopak pokles optimální tloušťky tepelné izolace. Proto je důležité při takovémto výpočtu důsledně prověřit jednotlivý diskont cen, ať už energií nebo ceny izolace.

11. Provozní metody zjišťování tepelných ztrát a zisků

Provozní metody zjišťování tepelných ztrát a zisku v zařízeních pro rozvod tepla a chladu upravuje příloha č. 4 vyhlášky č. 193/2007 Sb. V zásadě je možné provozní měření provádět třemi způsoby:

1) Schmidtova metoda – jedná se o měření na speciálním gumovém pasu, kde na základě rozdílného tepelného toku, který je vyvolán změnou odporu termočlánků na vnitřním a vnějším povrchu pasu, udává hodnotu měrného tepelného toku (tzv. termotranzistometr). Měření vyžaduje ustálený stav, dodatečnou úpravu měřicího povrchu a zkušenost obsluhy.

2) Termovizní metoda – tato metoda představuje způsob měření, při kterém se termovizní kamerou snímá povrch izolovaného zařízení. Termovizní zobrazení povrchových ploch umožňuje zaznamenat rozložení povrchových teplot zařízení a prokázat případné vady izolace, které se projevují jako tepelné mosty. Tato metoda ale neumožňuje ověření součinitele tepelné vodivosti tepelných izolací. Termovizní metoda je vhodná pro komplexní zhodnocení skutečného stavu tepelně izolovaných rozvodů a energetických zařízení.

3) Kalorimetrická metoda – metoda vychází z kalorimetrické rovnice a umožňuje stanovit tepelné ztráty či zisky na úseku rozvodu. Měřením se stanoví rozdíl teplot teplonosné látky a průtok. Při využití fakturačních měřidel tepla dodavatele a součtových hodnot fakturačních měřidel na vstupu u odběratelů lze přibližně stanovit tepelné ztráty celé sítě. Naměřený rozdíl však zahrnuje krom tepelné ztráty sítě i veškeré nepřesnosti měřidel, a proto je velmi často tato metoda nepřesná.

Problémem je, že zjišťování tepelných ztrát Schmidtovými pasy a termovizním měřením je možné pouze u volných rozvodů. To je většinou případ vnitřních potrubních sítí v budovách. U podzemního vedení rozvodů (převážně vnější tepelné rozvody) je využitelná pouze kalorimetrická metoda.

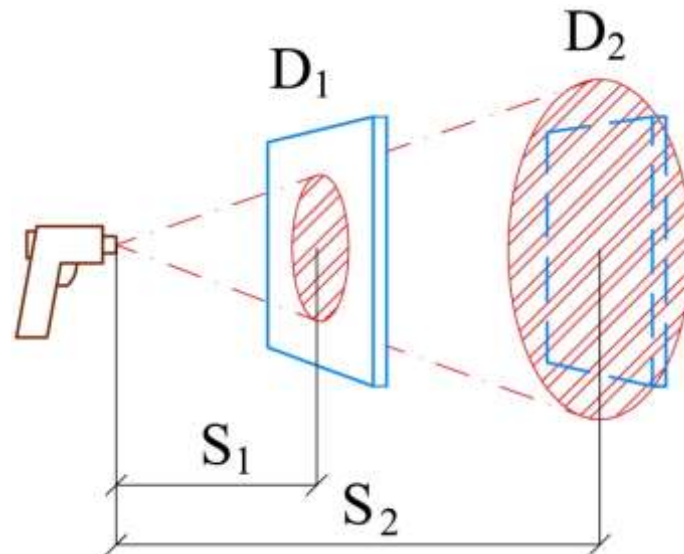
JAKOU PŘESNOST VYKAZUJE POUŽITÍ BEZKONTAKTNÍHO MĚŘENÍ U POTRUBNÍCH ROZVODŮ?

Při provozním měření je nutné rozlišit typ bezkontaktního přístroje, který je pro měření použit. Při využití termovizní metody je nutné použít termovizní zobrazovací systém. Při měření kalorimetrickou metodou je možné použít bezdotykový teploměr (tzv. pyrometr).

Největší vliv na přesnost má v případě bezkontaktního měření teploty zadání emisivity měřeného povrchu. V praxi je nejčastěji používanou metodou stanovení emisivity tzv. komparativní metoda. Jedná se o porovnání měřeného povrchu s jiným povrchem o známé emisivitě. Využívá se speciálních samolepek s vysokou emisivitou (cca $\varepsilon = 0,96$). Kalibraci termografického přístroje (nastavení emisivity měřeného objektu) pak provedeme podle povrchové teploty naměřené na povrchu samolepky a hledáním emisivity v zadání přístroje tak, aby na měřeném povrchu přístroj indikoval stejnou povrchovou teplotu jako na povrchu samolepky (příklad použití ukazuje obr. 10).

V případě použití bezdotykových teploměrů přístroj zobrazuje povrchovou teplotu (jedinou hodnotu) vztahenou na přístrojem vytyčenou plochu. Proto je nutné vzít v úvahu skutečnou velikost snímané plochy. Optický systém bezdotykových teploměrů ve většině případů snímá teplotu z kruhové měřené plochy a soustřeďuje ji na detektor přístroje. Měřený objekt proto musí zcela vyplňovat tuto měřenou plochu, jinak je naměřená hodnota ovlivněna i zářením pozadí (obr. 9). Optické rozlišení je většinou definováno poměrem D:S, což je průměr měřené

plochy D k vzdálenosti měřicího přístroje od měřeného objektu S . Tato hodnota je uvedena přímo na těle bezdotykového teploměru. Čím menší bude tato hodnota, tím lepší je optické rozlišení měřicího přístroje a tím menší může být měřená plocha při dané vzdálenosti. V případě měření potrubí je proto velmi důležité přesné zaměření měřené části trubky nebo povrchu tepelné izolace.

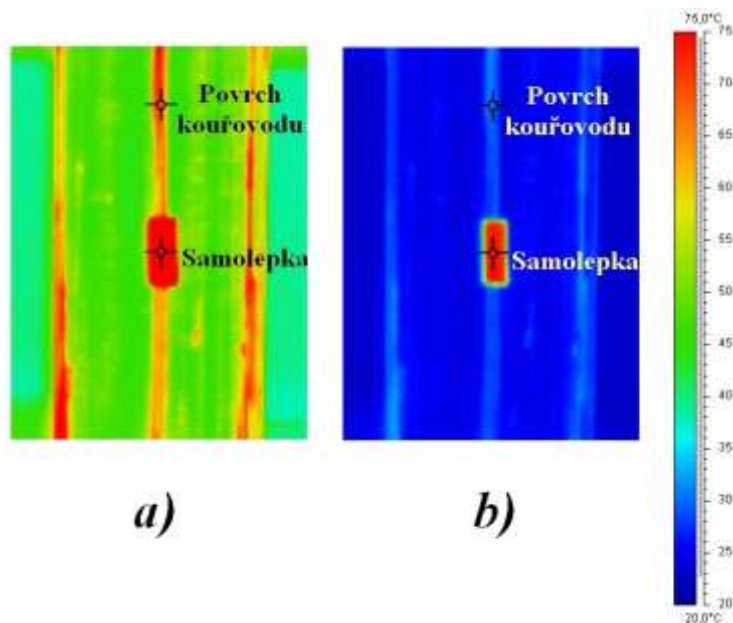


Obr. 9 Znárodnění zaměřené velikosti snímané plochy detekované bezdotykovým teploměrem [L7]

Oproti tomu termovizní systém ze snímané plochy vykresluje tzv. termogram neboli teplotní grafický profil měřeného povrchu. Nejčastější rozlišení termogramů podle typu přístroje je 320×240 (76 800 pixelů) nebo 640×480 pixelů (307 200 pixelů). Vyšší rozlišení (např. Full HD 1920×1080 pixelů = cca 2,1 mil. pixelů) je v současné době velmi obtížně dosažitelné. Prvním problémem vyššího rozlišení je vytvoření hardwarové platformy termovizního přístroje (např. mikrobolometrické matice) a druhý problém je, že pro zpracování takového množství termografických dat je nutné mít i odpovídající počítačové vybavení. Při využívání termografických systémů se proto rozlišují dva základní přístupy:

- a) Termovizní systém je použit pouze k identifikaci (vyhledávání) defektů na povrchu.
- b) Termovizní systém je použit k mapování a kvalitativnímu hodnocení povrchového teplotního reliéfu.

V prvním případě není rozlišovací schopnost přístroje důležitá, neboť termovizní systém hledá pouze možné chyby na měřeném povrchu – defektoskopie. Z pohledu termogramu není zajímavá hodnota absolutní teploty povrchu např. tepelné izolace, ale zobrazení oblastí, kde můžou nastat potenciální problémy – defekty – tepelné mosty. Druhý přístup k využití termovizního systému je určen převážně pro laboratorní výzkum a jeho výsledky závisejí na celé řadě dalších okrajových podmínek měření (teplotě okolí, teplotě okolních ploch, relativní vlhkosti a transparenční měřeného prostředí, okolních zdrojů tepla atd.).



Obr. 10 Termogram povrchu tepelné izolace opatřené hliníkovou fólií
 a) s emisivitou odpovídající emisivitě povrchu kouřovodu – $\varepsilon = 0,14$
 ($t_p = 74,2 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{sam} \approx 190 \text{ }^\circ\text{C}$)
 b) s emisivitou odpovídající emisivitě měřené samolepky – $\varepsilon = 0,95$
 ($t_p = 30,7 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{sam} = 74,3 \text{ }^\circ\text{C}$)

Termogram na obr. X.7 prezentuje příklad nevhodného zadání emisivity u nerezového kouřovodu s emisivitou povrchu $\varepsilon = 0,14$. Tento příklad je zvolen záměrně, protože vlastnosti nerezového kouřovodu společně s geometrickým kruhovým tvarem představují shodný případ měření stavu tepelné izolace s hliníkovou fólií u potrubních sítí.

Na obr. 10a je termogram s nastavenou skutečnou emisivitou měřeného kouřovodu. Jak je vidět, teplota na povrchu černé matné samolepky t_{sam} je přístrojem indikována cca $190 \text{ }^\circ\text{C}$ oproti skutečné teplotě $t_p = 74,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Obr. 10b ukazuje měřicí situaci při nastavení emisivity podle samolepky tj. $\varepsilon = 0,95$. Zde můžeme vidět, že na povrchu samolepky je teplota $74,3 \text{ }^\circ\text{C}$, ale teplota povrchu nerezového kouřovodu t_p je podle tohoto nastavení $30,7 \text{ }^\circ\text{C}$, což je hodnota 2,5krát menší než jeho skutečná teplota. Jak je tedy patrné, chybně stanovená hodnota emisivity má na výsledek měření bezkontaktním způsobem výrazný vliv. Nejistota měření se v takovém případě může pohybovat řádově i ve stovkách procent.

Dalším problémem je, že u takto vysoce lesklých povrchů s nízkou emisivitou ($\varepsilon = 0,14$) má na měření výrazný vliv také odrazivost, respektive vysoký lesk předmětu. V podstatě se dá říci, že takto lesklé povrchy se vůči bezdotykovému snímání teplot chovají jako zrcadla a odrážejí teplotu okolí měřeného povrchu, viz červená barva termogramu dle obr. 10a na okrajích kouřovodu. Uprostřed kouřovodu (obr. 10) termovizní kamera ukazuje výrazně vyšší teplotu po výšce kouřovodu (červená barva). Naopak na zbytku povrchu kouřovodu je indikována výrazně nižší teplota (zelená barva). Tento jev souvisí s tzv. Lambertovým směrovým zákonem, který říká, že každé těleso vyzařuje maximum své energie ve směru normály k měřenému povrchu. Na obr. 10a bychom mohli odečíst mimo osu kouřovodu teplotu povrchu cca 40 až $45 \text{ }^\circ\text{C}$ (zelená barva) oproti skutečné teplotě cca $74 \text{ }^\circ\text{C}$. Rozdíl cca 30 K je způsobem jednak směrovostí vyzařování na válcové ploše kouřovodu, ale také vysokou odrazivostí povrchu, kde povrch kouřovodu v podstatě odrážejí umělé osvětlení kotelny.

Z výše uvedeného tedy plyne, že při použití bezkontaktního měření na válcové plochy (např. potrubní sítě) je důležité stanovit:

- a) emisivitu měřeného povrchu – vhodné je použití komparativní metody
- b) optické vlastnosti měřicího přístroje – stanovení vzdálenosti mezi měřeným povrchem a bezdotykovým přístrojem
- c) výběr měřicího místa – měření kolmo v ose potrubí
- d) praktická zkušenost uživatele s bezdotykovým měřením teplot – zaškolení pracovníka

JE MOŽNÉ POUŽÍT BEZKOTAKTNÍ MĚŘENÍ U KALORIMETRICKÉ METODY?

Ano, je to možné. Princip kalorimetrické metody je založen na znalosti hmotnostního průtoku potrubím, měrné tepelné kapacitě teplotnosné látky (konstanta pro střední teplotu teplotnosné látky) a rozdílu teplot teplotnosné látky na začátku a konci posuzovaného úseku potrubí. V případě, že je potrubí ze stejného materiálu a je opatřeno stejnou povrchovou úpravou (tzn. má stejné vlastnosti z pohledu vedení tepla a emisivity povrchu), je možné tepelné ztráty daného úseku stanovit měřením povrchových teplot potrubí, neboť teplotní rozdíl teplotnosné látky lze považovat za shodný s teplotním rozdílem povrchových teplot trubky (zejména u kovových materiálů s vyšším součinitelem tepelné vodivosti). Na druhou stranu je nutné si uvědomit, že toto zjednodušení platí v případě, že posuzovaný úsek potrubí vede v prostředí se stejnou okolní teplotou vzduchu, dále měření musí provádět dostatečně kvalifikovaná osoba (nutná korekce na vliv dalších okrajových podmínek měření) a samozřejmě nutností je dostatečný přístup k posuzované části potrubí.

12.Literatura

- [L1] Dlouhý, T.: Výpočty kotlů a spalinových výměníků. Vydavatelství ČVUT, 2011. 212 s.. ISBN 978-80-01-03757-7.
- [L2] Horák, J., Hopan, F., Krpec, F., Kubesa, P., Koloničný, J., Ochodek, T.: Stanovení účinnosti kotlů. TZB-Info. [citace 2014-21-04]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/11107-stanoveni-ucinnosti-kotlu>.
- [L3] Bašta, J.: Od účinnosti ke stupni využití. In: VVI, 1999, roč. 8, č. 1. s. 24–27, ISSN 1210-1389.
- [L4] Mužík, V. a kolektiv: Zdroje tepla – Kotelny. 2. vyd. Praha: STP, 1999. 193 s. ISBN 80-02-01331-X.
- [L5] Bašta, J., Vavříčka, R.: Otopné plochy – cvičení. Vydavatelství ČVUT, 2005. 109 s. ISBN 80-01-03344-9.
- [L6] Sazima, M. a kol.: Sdílení tepla TP. Praha: SNTL, 1993. 720 s. ISBN 04-203-92.
- [L7] Vavříčka, R.: Bezkontaktní způsoby měření teploty. Praha: STP, 2014. 65 s. ISBN 978-80-02-02515-3.
- [L8] Zákon č. 318/2012 Sb. o hospodaření s energií. 2012.
- [L9] Vyhláška č. 193/2007 Sb. stanovuje podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu. 2007.
- [L10] Vyhláška č. 194/2013 Sb. o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie. 2013.
- [L11] Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. 2013
- [L12] ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky. 2011
- [L13] ČSN 07 0305 – Hodnocení kotlových ztrát. 1984.