



**KONCEPCE
ENERGETICKÉHO SYSTÉMU
ZÁSOBOVÁNÍ ENERGIÍ**

RAEN spol. s r.o.

OBSAH

- 1. Úvod**
- 2. Komentář k metodice auditů**
- 3. Zásady pro volbu systému zásobování energií**
 - 3.1. Obecně
 - 3.2. Zdroje tepla - CZT, DCZT
 - 3.3. Zdroje elektrické energie
 - 3.4. Kombinované zdroje tepla a elektrické energie
 - 3.5. Obnovitelné zdroje energie
- 4. Systém a řešení zásobování energií jednotlivých vybraných objektů**
 - 4.1. Obytné budovy
 - 4.2. Kina
 - 4.3. Historické budovy
 - 4.4. Administrativní budovy
 - 4.5. Nemocnice
 - 4.6. Sportovní stavby
 - 4.7. Školské budovy
 - 4.8. Obchodní domy
 - 4.9. Ubytovací zařízení
 - 4.10. Zvláštní místnosti a technické vybavení budov
 - 4.10.1. Prádelny
 - 4.10.2. Kuchyně
 - 4.10.3. Technické vybavení budov

1. ÚVOD

Předkládaný produkt je určen auditorům pro posouzení koncepcí energetických systémů zásobování energií jednotlivých objektů.

Jak je stanoveno příslušnou legislativou je cílem auditu navrhnout opatření ke snížení spotřeby energie v auditovaném objektu. Tyto návrhy jsou zpracovány ve variantách, jsou vyhodnoceny výše nalezených možností úspor, stanoveny jejich ekonomické efektivnosti a vliv na životní prostředí. Z variantních návrhů je vybrána a doporučena varianta optimální.

Metodika auditu, stručně uvedeno, předepisuje následující členění :

1. Úvodní část

identifikace zadavatele
objektu
auditora

2. Současný stav - popisy

stávajícího předmětu energetického auditu nebo projektové dokumentace
energetického systému – vstupy a výstupy
bilance
analýza
komponentů energetického systému
zdrojů, rozvodů, spotřebičů
technické údaje, stav a analýza
komplexní závěry z posouzení současného stavu

3. Souhrnné výsledky zpracovaných analýz

4. Variantní návrhy na opatření

v energetickém systému
v komponentech

5. Hodnocení návrhů opatření

energetické

ekonomické

ekologické

6. Výběr optimálního řešení

technicko-ekonomické údaje

nová energetická bilance

7. Doporučení energetického auditora

Užitá koncepce energetického hospodářství významně ovlivňuje efektivnost využívání paliv a energie. I když se většinou při auditu nenavrhuje zásadní změna koncepce, je třeba, aby auditor měl základní informace o vhodných systémech pro jednotlivé typy objektů a byl schopen posoudit vhodnost stávajícího, či případně navrhovaného systému při jejich rekonstrukci nebo u projektovaných staveb.

Pro správný výsledek hodnocení koncepce energetického systému zásobování energií je třeba v úvahách neopomenout předpokládaný budoucí vývoj auditovaného objektu (hospodářský, výstavba, rekonstrukce atp.)

Chybně stanovenou koncepci lze napravovat pouze s vynaložením značných finančních nákladů. Nesprávné koncepce vznikly při návrhu a projekci tím, že nebyla správně odhadnuta výhledová potřeba tepla, vývoj cen paliv a jejich dostupnost, případně požadavky na ekologický provoz, omezovaly se prostředky pro výstavbu optimální varianty. Takto dosažené úspory investičních prostředků jsou pak za dobu životnosti takto koncipovaných systémů mnohonásobně převýšeny zbytečnými provozními náklady.

Lze konstatovat, že nyní k zásadním změnám koncepce energetických zdrojů a rozvodů většinou dochází pouze v případě, kdy zdroje, rozvody a spotřebiče se musí vyměnit z důvodu jejich fyzického dožití, vynucené změny potřebného množství dodávky energie nebo jejich parametrů, či změny palivové základny. Ani při zvýšených cenách paliv a energie není pro většinu provozovatelů ekonomicky únosné (z důvodu vysokých jednorázových investičních

nákladů) základní koncepci energetických zdrojů měnit, i když by touto změnou došlo ke zvýšení efektivity energetické spotřeby.

Proto se návrhy na snížení spotřeby paliv a energie v převážné míře týkají nápravných opatření ve stávajících systémech zdrojů, rozvodů a spotřebičů energie, využívání druhotných a netradičních zdrojů, jakož i pečlivějšího a důslednějšího vyhledávání a odstraňování zjevných příčin ztrát paliv a energie, které vyplývají z nedbalé údržby a z toho vyplývajícího špatného technického stavu zařízení, či špatné obsluhy.

2. KOMENTÁŘ K METODICE AUDITŮ

K identifikaci zadavatele auditu, objektu v kterém je prováděn audit, jakož i auditora není třeba komentář.

K popisu a situaci předmětu auditu lze uvést :

ke snadnější orientaci při zpracování auditu je účelné získat od auditovaného subjektu situační plán komplexu s vyznačením :

- umístění skládky paliva
- umístění objektové plynové redukční stanice
- umístění zdroje tepla, elektrické energie, tlakového vzduchu, chladu, výměňkových stanic
- umístění hlavních spotřebičů tepla a elektrické energie
- tras rozvodů elektrické energie, plynu a tepla s uvedením napětí, světlostí, druhu teplotního média, tlaků a teplot

Nutné je vyžádat :

veškerou dostupnou dokumentaci s technickými popisy energetických zařízení (zdrojů, rozvodů) a hlavních významných spotřebičů paliv a energie s jejich technickými parametry interní provozní záznamy a údaje o spotřebě paliv a energie (i za předcházející roky)

existující protokoly o výsledcích měření na energetických zařízeních, měření emisí u respondentů ČSÚ státní statistické výkazy z oblasti palivo-energetického hospodářství (řady E) smlouvy týkající se nákupu a prodeje energií

denní diagramy výroby, nákupu a prodeje tepla v průměrném dnu v létě, přechodném období a otopném období, sjednané odběrové diagramy elektrické energie
výsledky inventarizace zásob paliv za uplynulá období

z ekonomické evidence auditovaného subjektu :

faktury - náklady na nákup paliv a energie

náklady na provoz a opravy energetických zařízení

zůstatkovou hodnotu energetických zařízení

Správnost získaných podkladů je nezbytné prověřit. Na jejich základě a na základě prohlídky vybraných částí energetického systému se zpracovává komplexní popis a situace auditovaného objektu.

Ověřené podklady jsou i výchozím materiálem pro zpracování bilancí a analýz umožňujících účelné zaměření dalšího postupu auditu.

V popisu energetického systému by mělo být uvedeno :

- systém dodávky paliv a energie

(nákup, vlastní zdroj, vzájemný podíl dodávky)

- popis stávajících zdrojů energie

- popis rozvodů a druhu rozváděné energie

(trasy, teplotnosná media, elektrická energie, plyn)

- soupis významných spotřebičů

(druh spotřebovávané energie, případný podíl na celkové spotřebě)

Dále je třeba sestavit stávající bilanci energetického systému v energetickém i finančním vyjádření – viz platná metodika energetického auditu.

V případě vlastní výroby tepla lze doporučit kontrolu ceny vyrobeného tepla, pokud zadavatel auditu má hodnověrné údaje (náklady na spotřebované palivo, materiál a vodu, mzdy, odpisy, ostatní náklady).

Při *analýze energetického systému* je třeba při *nákupu tepelné energie* uvést dodavatele, nakupovaný druh teplonosného media, jeho tlak a teplotu, sazbu za měrnou jednotku, způsob měření množství a parametrů dodávaného tepla a jeho fakturaci, posoudit používanou měřicí techniku a analyzovat plnění technickoekonomických ustanovení odběratelsko-dodavatelských smluv, v případě nákupu tepelné energie ve formě páry zda není její tlak redukován.

K posouzení zvolené koncepce energetického zásobování objektu je vhodné sestavit roční průběh spotřeby tepla a průměrné měsíční příkony, jakož i denní průběh spotřeby tepla v typických dnech topného, přechodného a letního období

Při nákupu elektrické energie se uvádí distribuční organizace, sazba odběru, roční průběh spotřeby elektrické energie, případně sjednané technické maximum, sjednaná nebo měřená čtvrt hodinová maxima v jednotlivých měsících, platba za odběr v jednotlivých tarifech, za technické a čtvrt hodinové maximum.

Dále je nutné analyzovat *vhodnost jednotlivých komponentů* energetického systému :
při *nákupu tepla* analyzovat vhodnost výměňkové stanice – typ, jmenovitý výkon, parametry teplonosného media vstup/výstup

u *skladování paliva* – u uhlí zastřešení, podloží skládky, u kapalných paliv typ zásobní nádrže, její obsah

Analyzuje se skladba *instalovaných kotlů*, jejich provoz, dosahovaná účinnost konverze paliva, účinnost výroby tepla na prahu kotelny.

Dále se vyhodnotí :

typ, výrobce, rok výroby, jmenovitý výkon, parametry vyráběného media – tlak, teplota
technický stav, dodržování systému plánovaných oprav a běžné údržby (čistota výhřevných
ploch, dodatkových ploch, těsnost ohniště, spalinových průtahů, opotřebení vzduchových a
spalinových ventilátorů, mechanický stav ovládacích a regulačních zařízení atd.)
dimenzování kotlů, časové využití instalovaného výkonu

řazení kotlů dle jejich jmenovitých výkonů

vhodnost paliva

regulace spalovacího procesu

seřízení hořáků kapalných a plyných paliv

počet zátopů

počet provozních hodin

analýza spalin - teplota, přebytek vzduchu, CO

u pevných paliv mechanický nedopal

odlučovací zařízení

u parních kotlů návratnost kondensátu, funkce úpravny vody (hospodárné odkalování a
odluhování parních kotlů), využití tepla odkalu a odluhu

údržba a ověřování přesnosti měřících přístrojů

vyhodnocení tepelných měření - topných zkoušek

těsnost armatur

kvalita místních provozních předpisů a jejich dodržování - úroveň obsluhy

emise škodlivin, ekologické zajištění

spotřeba elektřiny v kotelně - zauhlování, ventilátory v kotelně, napáječky, oběhová a
podávací čerpadla, pohon roštu, odškvárování, hořáky, elektrofiltry, úprava napájecí vody,
osvětlení

vlastní spotřeba tepla

ztrátové teplo v kotelně

u uhelných kotlů skládka tuhých zbytků spalování

U *plynových kogeneračních jednotek* typ jednotky, výrobce, rok výroby, jmenovitý
elektrický výkon a tepelný výkon,

palivo

druh a parametry vyrobené tepelné energie

spotřeba paliva na výrobu elektrické energie S_{PE}

$$S_{PE} = S_{PC} \frac{3,6E}{3,6E + Q}$$

spotřeba paliva na výrobu tepla S_{PQ}

$$S_{PQ} = S_{PC} \frac{Q}{3,6E + Q}$$

kde

E = výroba elektrické energie [MWh/rok]

Q = výroba tepla [GJ/rok]

S_{pc} = spotřeba paliva celkem [GJ/rok]

U *rozvodů tepla* přepravované medium, jeho tlak a teplota, uložení, délka větve, jmenovitá světlost, přenosová kapacita, druh izolace, roční využití

U spotřebičů - *otopných soustav, větrání a klimatizace* se analyzuje spotřeba tepla a elektrické energie na vytápění, větrání a klimatizaci celkem [GJ / rok], [kWh / rok]

denostupně

typ stavebního objektu, účel objektu, vytápěný prostor [m³]

příkon a spotřeba objektu [kW], [kWh / rok], [GJ / rok] pro vytápění, vzduchotechniku, klimatizaci

druh užití energie

měrná spotřeba [GJ / rok / m³], [kWh / rok / m³]

Výše měrné spotřeby se analyzuje s ohledem na :

hodnoty vnitřních teplot v jednotlivých vytápěných prostorech (podle účelu jejich užívání)

vhodnost a technický stav otopné soustavy

vyregulování vytápěcího systému

nastavení termostatů

recirkulace větracího vzduchu a rekuperace tepla u teplovzdušného vytápění a větracích zařízení

dimenzování výkonu větracího zařízení u systémů trvalého větrání

odstraňování škodlivin místním odsáváním

tepelně technické vlastnosti stavebních objektů (okna, zasklení, utěsnění oken a dveří, závětrří,

tepelná izolace obvodových plášťů budov)

vytápěné prostory,

Při *přípravě TUV* způsob přípravy - centrální, lokální, akumulární ohřev, přímý ohřev

počet, typ a příkon boilerů

topné medium

nastavená výtoková teplota

spotřeba tepla na přípravu TUV se analyzuje se zřetelem na

počet pracovníků a normovanou měrnou spotřebu

dodržení výtokové teploty TUV pod 50° C (funkce a nastavení termostatů)

instalaci měřičů spotřeby teplé vody

U *ostatních významných spotřebičů* druh, roční provozní hodiny, příkon, jejich regulace a kvantifikace odpadního tepla

u tepelných spotřebičů druh teplotnosného media a jeho parametry

u spotřebičů elektrické energie napětí.

Na základě výsledků analýzy se provede celkové *zhodnocení výchozího stavu energetického hospodářství*. Sestaví se roční energetickou bilanci stávajícího předmětu EA. U budov se definuje model energetické potřeby stavby a upřesní se stanovené potřeby energie stavby podle skutečných spotřeb energie v průběhu několika let. Výsledky se porovnají se směrnými, předepsanými nebo jinak zjištěnými hodnotami.

Následně se zpracují *návrhy opatření ke snížení spotřeby energie* – alespoň ve 2 variantách. Pro varianty se zpracují energetické bilance a porovnají se s bilancí platnou pro výchozí stav. Stanoví se skutečně dosažitelná výše energetických úspor, resp. snížení nákladů na energii pro jednotlivé varianty při zvážení všech omezujících vlivů.

Následně se zpracuje *ekonomické vyhodnocení* dle platné metodiky a environmentální vyhodnocení variant, jehož cílem je hodnocení účinků a nároků posuzovaného opatření na životní prostředí a porovnání se současným stavem a příslušnými normativy.

Následuje *výběr optimální varianty*, která se stanoví jako soubor opatření na základě vyhodnocení technickoekonomických ukazatelů, ekonomického hodnocení jednotlivých variant a záměru zadavatele auditu.

V metodice auditu je dále uloženo, že auditor doporučí nejvhodnější variantu a zpracuje “Evidenční list energetického auditu”, jehož náplň je stanovena v platné metodice.

3. ZÁSADY PRO VOLBU SYSTÉMU ZÁSOBOVÁNÍ ENERGIÍ

3.1. Obecně

Koncepce zdrojů energie

Správnost koncepce zdrojů vychází z následujícího posouzení :

- potřebného množství energie

- formy a parametrů energie
- volby zdrojů energie
- koncepce distribučních systémů.

Určení potřeby energie

Potřeba tepla

Znalost potřeby tepla je základem pro posouzení systému zásobování teplem. Potřebu tepla lze dělit do dvou kategorií:

potřeba tepla závislá na teplotě ovzduší:

- vytápění
- větrání,
- klimatizace

potřeba tepla nezávislá na teplotě ovzduší:

- příprava TUV,
- případné technologické potřeby.

potřeba tepla je charakterizována :

- maximální velikostí požadovaného tepelného příkonu
- časovým vývojem příkonu v průběhu plánovaného období
- průběhem potřeby tepla v průběhu dne, eventuálně roku
- dobou využití maximálního příkonu.

Potřeba tepla pro vytápění

Potřeba tepla vytápěného prostoru, resp. objektu se rovná jeho tepelným ztrátám v setrvačném stavu.

Změna teploty ovzduší v průběhu roku se vyjadřuje čarou trvání ročních teplot a změny teplot v průběhu dne je vhodné principiálně vyjadřovat ve formě tzv. tří charakteristických dnů:

- přechodové období, tj. pro období na začátku a na konci topného období,
- zimní den s malými změnami teploty,
- zimní den s velkými změnami teploty ovzduší během dne.

Pro výpočet spotřeby tepla platí tyto vztahy:

a) Denní spotřeba tepla pro vytápění

$$Q_v^d = q \cdot V (t_{vd} - t_{zd}) \cdot 24 \cdot 10^{-6} \text{ (MWh/d, GJ/d)}$$

kde

q – je tepelná charakteristika objektu ($\text{W/m}^3\text{K}$)

V – obestavěný prostor vytápěného objektu (m^3)

t_{vd} – střední denní teplota uvnitř vytápěného objektu ($^{\circ}\text{C}$)

t_{zd} – střední denní teplota ovzduší ($^{\circ}\text{C}$)

b) Roční spotřeba tepla pro vytápění

$$Q_r = q \cdot V (t_{vr} - t_{zr}) \cdot 24 \cdot d \cdot 10^{-6} \text{ (MWh/r, GJ/r)}$$

kde

t_{vr} – střední teplota ve vytápěném objektu během otopné sezony ($^{\circ}\text{C}$)

t_{zr} – střední teplota ovzduší během otopné sezony ($^{\circ}\text{C}$)

d – délka topného období (dny)

$$E_r = \frac{\varepsilon \cdot Q \cdot 24}{t_i - t_e} \cdot D$$

kde

E_r je spotřeba energie na vytápění budovy za rok (přesněji za vytápěcí období) (Wh/r),

Q - maximální tepelná ztráta budovy (W),

D - počet denostupňů,

t_i, t_e - výpočtová teplota vnitřního a vnějšího vzduchu ($^{\circ}\text{C}$),

ε - umenšující činitel.

Uvažuje-li se počet denostupňů $D = 3436$, umenšující činitel $= 0,9$ a rozdíl teploty vnitřního a vnějšího vzduchu $(t_i - t_e) = 35 \text{ K}$ a za předpokladu, že se uvažuje plocha konstrukce 1 m^2 a za tepelnou ztrátu se dosadí do vztahu $Q = 1 \cdot k \cdot (t_i - t_e)$, obdržíme:

$$E_r = 74\,218 \cdot k$$

V objektech, kde dochází k vzniku tepla z vnitřních zdrojů je účelné provést výpočet potřeb tepla podle vztahu :

$$Q'v = q \cdot V(t_x - t_z) \cdot 10^{-6} \text{ (MW, MJ/s)}$$

$$\text{kde } t_x = t_v - \frac{Q_{vyb}}{q \cdot V} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

je teplota vzduchu ve vytápěném prostoru, při níž jsou tepelné ztráty budovy v rovnováze teplem vybavených z vnitřních zdrojů Q_{vyb} .

Roční spotřeba pro vytápění při započtení vlivu vnitřních zdrojů tepla je

$$Qr' = Qr (1 - \psi_r) \text{ (MWh/r, GJ/r)}$$

kde ψ_r je podíl roční spotřeby tepla pro vytápění hrazený teplem z vnitřních zdrojů

$$\psi_r = f\left(\frac{Q_{vyb}}{Q}\right)$$

Potřeba tepla na větrání

Tato potřeba závisí na intenzitě výměny vzduchu ve větraném prostoru a na teplotě venkovního vzduchu.

$$Q_{v\acute{e}t} = n \cdot V_{v\acute{e}t} \cdot c_{vzd} (t''_{v\acute{e}t} - t'_{v\acute{e}t}) \cdot 10^{-6} = 0,36 \cdot n \cdot V \cdot (t''_{v\acute{e}t} - t'_{v\acute{e}t}) \cdot 10^{-6} \quad \text{(MW)}$$

kde

n - je počet výměn objemu vzduchu ve větraném prostoru za hodinu

$V_{v\acute{e}t}$ - větraný prostor (m^3)

c_{vzd} - měrná tepelná kapacita vzduchu vztažená na 1 m^3 ($\text{J} / \text{m}^3\text{K}$)

$t''_{v\acute{e}t}$ - teplota ohřátého vzduchu, přiváděného do prostoru ($^\circ\text{C}$)

$t'_{v\acute{e}t}$ - teplota vzduchu před ohřívákem

Roční spotřeba tepla na větrání (MWh) se vypočte vynásobením předchozího vztahu dobou provozu větracího zařízení Z_v (hod / r) v topném období.

Potřeba tepla pro klimatizaci

Potřeba tepla pro klimatizaci je v zimním období v podstatě totožná s potřebou tepla pro vytápění a větrání, v letním období je dána potřebou pro chlazení.

V klimatických podmínkách České republiky platí, že letní špičková potřeba chladu pro klimatizaci je menší než maximální potřeba tepla pro vytápění s tím, že konkrétní hodnota vždy závisí na specifických podmínkách pro klimatizaci předmětného prostoru.

Orientačně lze kalkulovat potřebu chladu na klimatizování objektů:

$$Q_{ch} = 0,25 \text{ až } 0,4 Q_{max} \quad (\text{MW})$$

Potřeba tepla pro ohřev TUV

Potřeba tepla na přípravu TUV je velmi rozmanitá podle druhu spotřeby. Při jejím určování se vychází z účelové potřeby, nebo z měrné spotřeby za určitý časový úsek.

Vliv má rovněž koncepce zařízení pro přípravu TUV, tedy zda ohřev TUV je realizován na bázi zásobníků ohřáté vody nebo průtočného ohříváku.

Denní spotřeba TUV je obecně dána vztahem:

$$V_{TUV} = a \cdot b$$

kde

a - je normována spotřeba TUV o teplotě 55°C na měrnou jednotku (l/d)

b - množství měrných jednotek vztažených na den (počet uživatelů apod.)

Určení potřeby elektrické energie

Při určování nároků na potřeby elektrické energie je nutno vycházet ze součtu jmenovitých elektrických příkonů instalovaných spotřebičů a soudobosti jejich zatížení..

$$P_s = \sum_{j=1}^n k_j \cdot P_{ij} \quad (\text{kW})$$

kde

P_s – je soudobý příkon (kW)

k_j – koeficient soudobosti j-tého spotřebiče (-)

P_{ij} – instalovaný příkon j-tého spotřebiče (kW)

n – počet elektrických spotřebičů

Volba zdrojů energie

Při řešení zásobování průmyslových systémů energií je třeba vždy řešit koncepci zásobování elektrickou energií a teplem. V oblasti zásobování elektrickou energií se jedná vždy o napájení na distribuční systém dodavatele elektřiny. Ve vhodných případech, kdy existuje celoročně stabilní úroveň poptávky po teple (např. technologická potřeba tepla) je účelné zvážit možnost kombinované výroby elektřiny a tepla, kdy vyrobená elektřina je užívána pro pokrytí základních potřeb odběrového diagramu.

Při volbě tepelných zdrojů je nutno respektovat zejména tato hlediska:

- potřebný tepelný výkon zdroje a jeho roční průběh,
- druh aplikovaného primárního energetického zdroje,
- umístění zdroje,
- počet zdrojů,
- druh a parametry otopného media.

Z hlediska dosažení optimálního energetického efektu je při návrhu zdroje tepla nutné zvážit především následující aspekty:

- dimenzování zdrojů tepla a jejich počtu tak, aby maximálně odpovídalo výši a charakteru poptávky po teple,
- volba topného media, které vyhovuje specifickým podmínkám vytápěných objektů a tepelných spotřebičů,
- volba zdrojů tepla s vysokou energetickou účinností,
- posouzení možnosti kombinované výroby tepla a elektřiny,
- posouzení možnosti případného využívání druhotných energetických zdrojů tepla, eventuálně obnovitelných zdrojů energie.

Koncepce distribučních systémů energie

Koncepce rozvodu tepla

Účelem rozvodu tepla je dopravit potřebné množství tepla v potřebné čase všem spotřebičům při vynaložení minimálních nákladů a při maximální energetické efektivnosti.

Požadavek maximální energetické efektivnosti v sobě zahrnuje:

- řízení dodávky tepla tak, aby se ke spotřebitelským zařízením přivádělo jen tolik tepla, kolik je ho skutečně třeba a na nejnižší teplotní úrovni, která stačí k zabezpečení správné a spolehlivé činnosti spotřebitelského zařízení,
- regulaci rozvodu tepla v souladu s nároky na množství dodávaného tepla a jeho teplotní úroveň.

Z technického hlediska jsou realizovány rozvody tepla:

- s jednou teplonosnou látkou, kdy topné medium produkované ve zdroji je bez další transformace dopravováno přímo do spotřebitelských zařízení,
- se dvěma teplonosnými látkami na bázi pára-voda nebo voda-voda, případně voda - vzduch, kdy primární topné medium je dále transformováno pro potřeby konečného užití tepla.

Při rozvaze o koncepci je třeba postupovat podle ekonomického kritéria a posoudit:

- pořizovací náklady na primární topné rozvody,
- pořizovací náklady na předávací, příp. výměňkové stanice,
- pořizovací náklady na sekundární topné rozvody,
- tepelné ztráty v rozvodu tepla,
- provozní náklady topných rozvodů.

Koncepce distribučního systému elektrické energie

Podmínky pro připojení odběru elektrické energie vyžadují splnění souboru potřebných administrativních, technických, technicko-hospodářských opatření s cílem dosažení maximální efektivnosti při zásobování předmětného systému energií. Každé odběrné místo má svá určitá specifika, která jsou dána nejen velikostí požadovaného výkonu a časovém rozložení odběru, ale i požadavky na kvalitu dodávané elektrické energie.

Při budování nového nebo rekonstruovaného systému je nutno respektovat zejména tato hlediska:

- hledisko mechanické pevnosti vedení,
- hledisko oteplení vodičů,
- hledisko úbytku napětí,
- hledisko hospodárnosti,
- hledisko bezpečnosti zařízení a osob,
- hledisko kvality a zabezpečení dodávky elektrické energie,
- hledisko zajištění dodávky elektrické energie.

Při posuzování hospodárnosti provozu distribučních systémů je nutné sledovat především:

- hospodárný průřez vedení, kdy se optimalizují investiční náklady přenosu a náklady na ztráty při přenosu energie,
- ekonomickou efektivnost transformačních stanic, kdy je posuzována optimální velikost transformátorů a jejich zatěžování,
- hospodárná kompenzace účinnosti, kde jsou optimalizovány náklady na realizaci kompenzačního zařízení oproti nákladům na ztráty elektriny.

3.2. Zdroje tepla

Výrobní zdroj tepla průmyslového podniku je označován termínem *kotelna*. Kotelna je soubor zařízení, v němž se transformuje latentní teplo obsažené v palivu (nebo ve speciálním případě odpadní teplo z výrobních procesů) na teplo v teplonosné látce. Teplonosná látka se obvykle vyskytuje ve čtyřech vzájemně odlišovaných druzích medií:

- a) teplo nebo horká voda
- b) tlaková pára
- c) olej
- d) vzduch.

V případě prvních tří medií je transformačním zařízením *kotel*, ve čtvrtém případě *teplovzdušný agregát*.

Kotelna (soubor zařízení a nikoliv tedy budova) se obecně skládá z řady dílčích zařízení:

- a) vlastní kotel (teplovzdušný agregát)
- b) vnější a vnitřní palivové hospodářství
- c) zařízení k dopravě vzduchu a plyných spalin
- d) zařízení k rozptylování tuhých a plyných emisí (komín)
- e) zařízení k odvodu tuhých spalin (mechanické, hydraulické nebo pneumatické)
- f) zařízení k najíždění, odstavování a trvalému provozu (zapalovací hořáky, stabilizační hořáky, najížděcí nádrž, ovládací a regulační zařízení, velín a pod.)
- g) potrubí, armatury, sběrače a rozdělovače
- h) napájecí zařízení (napáječky, napáj. nádrž a pod.)
- i) úpravna napájecí vody
- j) speciální zařízení pro snižování emisí (tuhé částice, SO₂, NO_x).

Energetickou účinnost transformace *latentní teplo v palivu -teplo v teplotnosné látce* ovlivňuje každá komponenta kotelny, byť v různé míře.

Pro další uvažování o metodickém postupu v rámci energetického auditu rozdělíme kotelny (obdobně jako palivové hospodářství) podle druhu paliva .

Plynová kotelna

Představuje nejjednodušší soubor dílčích zařízení, ze kterých se kotelna skládá a které je třeba sledovat.

a) *kotel*

Nezákladnější potenciální problémy, které lze při základní prohlídce kotle sledovat, jsou následující:

1. Jde o kotel rekonstruovaný z kotle na jiné palivo nebo původní konstrukce pro plyn?

Rekonstrukce (zejména z kotle původně určeného pro tuhá paliva) naznačuje potenciální problémy typu

- vysoký přebytek vzduchu ve spalinách za kotlem (přisávání falešného vzduchu)
- vysoká teplota spalin za kotlem (kotel byl konstruován na vyšší teploty za kotlem).

2. Jde o přetlakový nebo atmosférický hořák?

atmosférický hořák - řízený nebo neřízený přívod spalovacího vzduchu

- řízený nebo neřízený odvod spalin (resp. podtlak za kotlem).

přetlakový hořák - jednoduchý dvoustupňový nebo plynule říditelný výkon

- výkonový rozsah hořáků

- způsob realizace poměru plyn-vzduch (mechanická vazba ve dvou nebo více bodech, elektrická vazba, vzájemná vazba s korekcí na obsah O₂ ve spalinách)

- četnost servisních seřízení hořáku a kvalita protokolu o seřízení.

Sledování provozu kotle

Základní úrovně možností sledování provozních stavů kotle jsou následující:

Úplné

- měření příkonu kotle
- měření výkonu kotle a hlavních výstupních parametrů (tlak a teplota)
- měření emisních hodnot
- měření vlastní spotřeby
- vyhodnocení hrubé účinnosti
- při provozu několika kotlů automatické optimalizování počtu a zatížení jednotlivých kotlů.

Částečné

- měření spotřeby plynu
- měření teploty kouřových spalin
- měření obsahu O₂ ve spalinách
- měření hlavních regulovaných výstupních veličin otopného media (pára - tlak, teplota, průtočné množství, voda - vstupní a výstupní teplota, průtočné množství, vzduch - teplota, tlak, průtočný objem).

Minimální

- měření hlavních regulovaných výstupních veličin otopného media
- bilance spotřeby plynu (provozní záznamy)
- protokol o měření koncentrace hlavních emisních hodnot s udáním místa měření emisí

Důležitým údajem pro posouzení parních kotlů je porovnání jmenovitého tlaku páry a skutečného parního tlaku.

Vnější prohlídka

Kontrolu úrovně izolací kotle a to zejména povrchové teploty v exponovaných místech - příruby hořáků, přechodové komory, bubny u bubnových parních kotlů, vyústění spalin a pod.

b) ventilátory

Dimenzování vzduchových a kouřových ventilátorů vzhledem k výkonu kotle (a typu použitých hořáků) a způsob regulace výkonu ventilátoru (škrcení, regulace otáček).

U vzduchových ventilátorů pro skupinu hořáků pak včetně existence a způsobu doregulace tlaku před vlastním hořákem.

c) napájecí zařízení

Jedná se v podstatě o dvě skupiny zařízení :

- napáječky u parních kotlů
- oběhová čerpadla teplo a horkovodních kotlů.

V obou případech je z hlediska vlastní spotřeby podstatné dimenzování výkonu a způsob řízení výkonu u oběhových čerpadel (např. podle tlakové difference a pod.). U parních kotlů přichází v úvahu využívání parní napáječky (je-li instalována).

d) komín

Komín je sice zařízení sledované v rámci energetického auditu podružné, přesto je však zařízením, majícím vliv na - životní prostředí.

- na výši celkových provozních nákladů na kotelnu.

Z těchto hledisek je nutno sledovat:

- dimenzování komínu vzhledem ke skutečnému výkonu kotelny (rychlost spalin)
- konstrukce komínu z hlediska životnosti
- zda jde o komín tepelně izolovaný
- zda má vnitřní plynotěsná resp. korozivzdorná provedení
- zda se jedná o komín jedno či více průduchový.

e) úpravna napájecí vody

Provedení plynových kotlů je obvykle charakteristické vysokým objemovým (W/m^3) a průřezovým (W/m^2) zatížením spalovací komory. Z tohoto hlediska je nezbytná předepsaná úprava napájecí vody. Lze dovodit z vybavení úpravny vody (změkčovací filtry, dávkování chemikálie a pod.), z úrovně záznamů o provozu (kontrol) úpravny vody, záznamů o rozborech kvality upravené vody.

Dalšími významnými pomůckami pro posouzení stavu vodního hospodářství i o možných energetických ztrátách jsou záznamy:

- o množství doplňované oběhové vody
- o regeneraci změkčovacích filtrů
- znalost teploty vraceného kondenzátu
- znalost skutečného množství vraceného kondenzátu u parních systémů .

Kotelna na tekutá paliva a kotelna s dvoupalivovým provozem (olej - plyn)

Kotelna s provozním palivem olej je složitější oproti plynové kotelně především palivovým hospodářstvím, které bylo popsáno v předešlé kapitole. zejména toto *palivové hospodářství* může být při nevhodné koncepci velkým zdrojem energetických ztrát kotelny.

Jednotlivá dílčí zařízení kotelny:

a) kotel

Hlavní potenciálně problémová místa kotle na kapalná paliva jsou velmi podobná jako u plynového kotle, avšak s určitými modifikacemi.

1. Jde o kotel konstruovaný na kapalné palivo nebo o rekonstrukci z kotle na tuhá paliva.

Moderní konstrukce kotlů na kapalná paliva jsou v plynotěsném provedení se všemi jeho přednostmi - zejména co se týče přísávání falešného vzduchu a tím zvyšování jak komínové ztráty, tak vlastní spotřeby kotle (vyšší spotřeba spalinových ventilátorů). Rekonstruované kotle mají obvykle podtlakové provedení ohniště a tahů. Vždy proto vzniká nebezpečí přísávání falešného vzduchu a to zejména přes klasické kontrolní otvory původního kotle. Přímé netěsnosti v izolacích stěn jsou vnější prohlídkou prakticky nezjistitelné a vyžadují poměrně náročné měření přísávání vzduchu (analýza spalin ve výstupním průřezu ohniště, t.zn. za vysokých teplot) nebo kotel vybavený měřením spotřeby paliva a množství spalovacího vzduchu. V tomto případě lze průměrný součinitel přebytku spalovacího vzduchu určit dostatečně přesně výpočtem a přísátí vzduchu ohodnotit z měření obsahu O₂ v relativně chladných spalinách za kotlem. Klasickým efektem, který ukazuje na netěsnosti kotle, jsou výrazné místní nerovnoměrnosti koncentrace O₂ ve spalinách při traverzování průtahu kotle.

Kontroly teploty spalin, součinitel přebytku spalovacího vzduchu a Bacharachova sazového čísla ve spalinách za kotlem jsou nezbytné.

2. Hořáky kotle.

Základní součástí kotle, která primárně rozhoduje o ekonomičnosti provozu, jsou hořáky. Již výrobce hořáku, rok výroby hořáku a typ (typová řada) mohou dát základní představu o jeho kvalitě.

Princip rozprašování paliva (tlakový, rotační, parou, ultrazvukový resp. rezonanční) není pro kvalitu rozprášení (a tím i spalování) rozhodující. *Podstatné* je dodržení podmínek pro kvalitní rozprášení, vypaření a spálení příslušného druhu kapalného paliva (LTO, TTO). Především se jedná o dodržení vhodné viskozity paliva (2 až 4 °E), která je funkcí teploty topného oleje. Pro ilustraci uvádím závislost viskozity TO na teplotě pro deriváty z ruské ropy.

Dodržení optimální teploty paliva pro rozprášení je závislé na konstrukci rychloohříváče TO a kvalitě regulace ohřevu. Zvláště nevhodná je kombinace ohříváku většího objemu a regulátoru s velkou teplotovou diferencí mezi vypnutím a zapnutím ohřevu.

3. Sledování provozu kotle.

Základní úrovně možností sledování provozních stavů kotle jsou v zásadě obdobné jako u plynové kotelny, tzn.:

- úplné
- částečné
- minimální.

Jedinou, avšak podstatnou výjimkou je nutnost kontroly deklarovaného přímého měření spotřeby TO na kotel. V případě řízení výkonu tlakového rozprašovacího hořáku na proměnnou tlakovou diferencí je nutné dvojí měření průtoku TO a to v hlavním přívodu k hořáku a v obtoku. Skutečná spotřeba hořáku je pak rozdíl obou průtoků, přičemž přepočítání na hmotnostní průtok musí být provedeno pro hustotu ρ_{TO} při teplotě TO v místě měření průtoku.

Vnější prohlídka kotle na TO se soustřeďuje na izolaci kotle (včetně exponovaných míst) jako u plynové kotelny.

b) ventilátory

Platí stejné zásady jako u plynové kotelny.

c) komín

V případě kotelny na TO je důležité i vnější vizuální kontrola komínového tělesa. Síranové výkvěty na vnějším plášti jsou jednoznačnou signalizací silného porušení vnitřního pláště (pouzdro) i nosného komínového dřívku.

Vlivnost komínu na životní prostředí se řídí stejnými zásadami jako u plynové kotelny.

e) zapalovací hořáky

Součástí velkých hořákových jednotek na TTO bývají zapalovací hořáky na naftu nebo zkapalněný plyn. Zde se jedná spíše o statistickou kontrolu četnosti najíždění a délky provozu zapalovacího hořáku při najetí. Jde tedy o problém spotřeby výrazně dražšího pomocného kapalného paliva.

g) napájecí zařízení

Platí stejné zásady jako u plynového kotle.

h) úpravna napájecí vody

Platí stejné zásady jako u plynového kotle.

i) odsiřovací zařízení a dodržování výstupní koncentrace NO_x

S plným uplatněním emisních limitů vstoupí v platnost i povinnost odsiřování při spalování TO s obsahem síry vyšším než 1%.

Kontrola odsiřovacího zařízení směřuje ke zjištění vlastní spotřeby odsiřovacího zařízení a optimalizace spotřeby odsiřovacích komponent.

Problém spalování TTO bývá spojen s problematikou tvorby NO_x . Ta je zvládnutelná primárními opatřeními pouze do obsahu dusíku v palivu do cca 0,4 %. Při vyšším obsahu je

nezbytný nástřik vody do plamene nebo aplikace nástřiku NH_3 (resp. močoviny) do horké zóny spalin ve spalovací komoře. Alternativou ve studené části kotle (dodatkové plochy) je pouze katalytická redukce NO_x a ta opět ve spojení s nástřikem NH_3 (nebo močoviny).

V případech aplikace NH_3 nebo močoviny je nutné optimalizovat jejich spotřebu. Důvody jsou jak ekonomické (cena), tak ekologické, neboť nadměrná aplikace zejména NH_3 vede k jeho emisím do ovzduší, kde je veden jako znečišťující látka.

Kotelny na tuhá paliva

Kotelny na tuhá paliva, pro výkonovou oblast do 50 MW celkového tepelného výkonu zdroje, jsou až na jednotlivé výjimky kotle roštové a částečně kotle s technologií vroucí nebo fontánové fluidní vrstvy.

Kotelny na tuhá paliva se vyznačují tím, že v nich najdeme obvykle nejnižší vybavenost prvky automatické obsluhy, kontroly a regulace. Tomu odpovídá i velmi nízká průměrná účinnost těchto zdrojů.

Jednotlivá dílčí zařízení kotelny:

a) kotel

Výčet hlavních kontrolních míst pro kotel na tuhá paliva je velmi široký. Shrnutí nejdůležitějších lze popsat následovně:

1. vnější kontrolní otvory a montážní průlezy

Charakteristické pro špatnou obsluhu a provoz kotle jsou otevřené kontrolní otvory resp. dokonce průlezy, které způsobují přísátí falešného vzduchu do kotle a tím zvýšení komínové ztráty. Vlivnost otevřených otvorů je tím větší, čím jsou vzdálenější po dráze spalin od roštu.

2. palivo na roštu

Nerovnoměrná vrstva na roštu signalizuje špatnou funkci podávání paliva a bezpečně vysoký nedopal.

3. zóna hoření

Natažené zóny svítivého plamene (hoření prchavého podílu) signalizuje

- špatné rozdělení spalovacího vzduchu do zón
- špatnou kombinaci výška vrstvy paliva - rychlost pohybu paliva po roštu
- zvýšený nedopal ve škváře.

4. výstup popelovin z kotle

U kotlů s kontinuálním odvodem tuhých spalin je nejdůležitější těsnost odstruskovačů resp. ošetření odvodu spalin tak, aby falešný vzduch z výsyvky nepronikal do ohniště v místě dohořívání paliva.

Mezi typické závady patří např. absence nebo nedostatek vody ve vodní uzávěře Martinova odstruskovače. Vizuální prohlídka strusky je první orientací v otázce ztrát mechanickým nedopalem.

5. rošt

Vizuální kontrola roštu může odhalit, zda těsnicí trámce a vyzdívka u okrajů roštu nezpůsobují průnik tlakového spalovacího vzduchu kolem roštu.

6. sledování provozu kotle /vybavenost měřicími a kontrolními přístroji a prvky sekvenční nebo automatické regulace/.

Základní úrovně možností kontroly provozních stavů kotle jsou v zásadě obdobné jako u plynové nebo olejové kotelny, tzn.

- úplné
- částečné
- minimální

Podstatné rozdíly jsou zde pouze v možnostech sledování příkonu paliva, které jsou obvykle pouze orientační a ve vybavenosti pro kontrolu podávacího zařízení paliva, pohybu roštu a rozdělení vzduchu do spalovacích zón roštu.

b) vnitřní palivové hospodářství

V případě kotelen na tuhá paliva se jedná ve sledované výkonové oblasti především o drtiče uhlí pro fluidní kotle. Z pohledu energetického auditu je podstatné zejména dimenzování drtiče a vhodnost konstrukce z hlediska spotřeby energie na 1 kg (1 t) paliva.

c) ventilátory

Platí obdobné zásady jako pro plynovou kotelnou s tím, že základní regulovanou hodnotou, která váže provoz ventilátorů spalovacího vzduchu a spalínového ventilátoru je podtlak v ohništi. Tato hodnota má být udržována v obvyklých optimálních mezích $\Delta p = 20 - 50$ Pa s ohledem na umístění sondy pro snímání podtlaku v ohništi.

V roštovém podtlakovém ohništi je hypotetický nulový bod (změna přetlak-podtlak) těsně nad vrstvou spalovaného paliva. Z toho plyne zásada, že čím je snímací místo podtlaku v ohništi umístěné výše nad roštem, tím musí být regulovaná hodnota podtlaku vyšší.

d) komín

Komín na tuhá paliva se obvykle konstruuje jako dvouprůduchový s kyselinovzdornou vyzdívkou a plynotěsným pláštěm proti účinkům kyseliny sírové, která může potenciálně vznikat na stěnách komínu. Starší (nebo neošetřené) komíny byly projektovány na vyšší teploty, které měly zaručit ochranu tělesa komínu před kondenzací (a tím před vznikem kyseliny sírové) spalin.

Vysoká teplota spalin je dnes nepříjemná z hlediska nízké účinnosti kotle a je prakticky nedosažitelná při použití mokrých a polosuchých vápencových odsiřovacích metod.

Přechod k nízkým teplotám spalin a odsířeným spalinám musí být doprovázen i změnou konstrukce komínu. Problematika je ještě výrazně složitější (v případě odsiřování mokřými, polosuchými a intenzifikovanými vápencovými metodami) v tom, že při výpadku odsiřovací technologie se teplota spalin do komínu výrazně zvýší a tyto tepelné šoky snižují životnost vnitřní konstrukce komínu. Pro tyto stavy by v optimálním případě měl být používán zvláštní komín jednoduché konstrukce s malou citlivostí na teplotové šoky.

e) zařízení k odprašování spalin

Podmínkou správné funkce odprašovacího zařízení jakékoliv konstrukce (mechanický, elektrostatický, tkaninový nebo kombinovaný) je správné dimenzování odlučovacího zařízení a jeho co nejvyšší těsnost proti přísátí falešného vzduchu. Správné dimenzování je důležité jak z hlediska funkce odlučovače (dosažení dobré účinnosti odlučování), tak z hlediska vyložení a tím i spotřeby elektrické energie pro spalinový ventilátor.

f) hořáky

Pokud máme na mysli pouze roštové a fluidní kotle, vyskytují se hořáky pouze u kotlů fluidních. U těchto kotlů slouží hořáky na ušlechtilá paliva pro najíždění fluidní vrstvy ze studeného stavu na provozní teplotu. Účinnost systému ohřevu vrstvy rozhoduje o délce intervalu najíždění na provozní teplotu a tím i o spotřebě najížděcího paliva.

g) potrubí

U spojovacích výstupních potrubí je vhodné kontrolovat kvalitu izolací, zejména u přehříváků páry.

h) napájecí zařízení

Platí stejné zásady jako u plynového kotle. U roštových kotlů je vhodné posuzovat napájecí zařízení u *parních kotlů* z hlediska provedení a provozování regulace napájení. Na rozdíl od plynových a olejových kotlů je pro zaručení stabilních výstupních parametrů páry (tlak, teplota) průběh doplňování napájecí vody do kotle co nejplynulejší, t.zn. optimálně nepřerušovaný s plynulou regulací nebo s malou diferencí horní a dolní regulační hladiny pro spínání a vypínání provozu napáječky.

i) úprava napájecí vody

Platí stejné zásady jako u plynového a olejového kotle.

j) dodržování limitů SO₂, NO_x, CO

Odsiřovacímu zařízení u roštových kotlů se z důvodů vysoké měrné ceny investic i provozních nákladů snažím vyvarovat používáním paliva s měrnou sirtatostí nižší než 0,5 g/MJ. Pokud je odsiřování používáno, je třeba sledovat měrnou spotřebu energie na GJ vyrobeného tepla a optimalizaci spotřeby aditiva.

Odsiřování u fluidních kotlů je součástí technologie a je třeba sledovat pouze optimalizaci spotřeby aditiva.

NO_x a CO

Dodržení emisních limitů je spojeno s možností řízení a kontrolování spalovacího procesu. Je proto zcela jednoznačně spojeno s úrovní a vybaveností regulačního a kontrolního systému kotle na jedné straně a zodpovědností a kvalitou obsluhy kotle na straně druhé.

Bez kontrolních přístrojů lze bezprostředně soudit na úroveň spalovacího procesu pouze podle *opacity* spalin, vystupujících z komínu.

S h r n u t í

Na závěr kapitoly, týkající se výroby tepla, je vhodné zopakovat nejstručnější obecné zásady hospodárnosti výroby tepla a přibližné obecné zákonitosti, které u kotelen platí, t.j. závislost účinnosti kotle a vlastní spotřeby kotle na výhřevnosti paliva.

Nejjednodušším typem kotelny je výtopena. Její použití lze obecně zdůvodnit pouze u malých zdrojů nebo u zdrojů s výrazně nízkou potřebou dodávky elektrické energie vůči potřebě dodávky tepla. Již z předchozího je zřejmé, že vždy jde o hledání ekonomicky optimálního řešení.

I když zůstaneme u výtopenského zdroje, lze pro provozování konkrétního existujícího zdroje nalézt zcela obecné zásady, kterými se ekonomicky optimální způsob provozování zdroje musí řídit. V prvním přiblížení lze tyto zásady zúžit na provoz kotlových jednotek, kterými je zdroj osazen.

Kotlové jednotky

Kotlové jednotky se dělí podle druhu výstupního teplotního média na :

- parní
- horkovodní
- teplovodní
- speciální (ohříváním médiem může být např. olej)

Volba vhodného typu kotlů z hlediska použitého paliva a produkovaného média je předmětem řešení ekonomicky optimálního způsobu zásobování teplem při dodržení dovoleného zatížení životního prostředí znečišťujícími látkami (zákon č.244/92). V průběhu provozu zdroje můžeme tyto proměnné považovat za konstanty.

Z hlediska zajištění hospodárnosti je nezbytné pravidelně kontrolovat všechny proměnné veličiny, které mají na ekonomiku provozu vliv. Jedná se zejména o :

- 1) emise škodlivých látek do životního prostředí
- 2) účinnost kotlů

Emise

Tato položka ekonomického provozu kotlů se může jevit jako minimální, avšak je nutno si uvědomit, že legislativní nástroje státní zprávy umožňují ohodnotit provoz energetických zdrojů mimo emisní limity pokutami, které mohou řádově překročit běžné vyměřované poplatky za znečišťování. Z tohoto zřetele je pak zřejmé, že pravidelná nebo i stálá kontrola emisí vybraných znečišťujících látek (obvykle postačuje CO, NO_x, resp. SO₂ pro sledování obsahu síry v palivu) je důležitá.

Účinnost kotlů

Jedná se o známý optimální vztah mezi spotřebou paliva a množstvím vyrobeného užitečného tepla pro dodávku. Z tohoto hlediska je nezbytné sledovat:

- komínovou ztrátu (ztráta citelným teplem spalin)
- ztrátu mechanickým nedopalem (u kotlů na tuhá paliva)
- ztrátu sdílením tepla do okolí (izolace kotle)

Ztráta chemickým nedopalem je při dodržení ad1) zanedbatelná.

Bez rozboru jednotlivých tepelných ztrát je možno základní požadavky na ekonomický provoz kotlů formulovat následovně :

- jmenovitá teplota napájecí vody
- seřízení spalovacích hořáků
- minimalizace počtu studených startů (zátopů) kotle
- provozování kotle v pásmu ekonomického výkonu
- dodržování jmenovitých parametrů kotle a to včetně kvality napájecí vody
- optimální frekvence odkalování a odluhování kotlů

Kotle na dřevo

Spalovací proces dřeva probíhá v následujících čtyřech fázích:

- sušení, odpařování vody z paliva
- pyrolýzy, uvolňování plynné složky paliva
- spalování plynné složky paliva
- spalování pevných látek, zejména uhlíku

Při zahřívání dříví dochází nejprve k odpaření vody. Poté se dodávaným teplem uvolňuje spalitelný plynný podíl paliva. Po dosažení zápalné teploty a při dostatečném přísunu kyslíku dojde ke vznícení plynu a následnému uvolňování spalného tepla. Vzniklé teplo může dále snížit vlhkost zbytků dřeva a uvolnit další spalitelný plyn. Spalovací proces se udržuje, pokud není dříví příliš vlhké nebo studené a je-li přiváděn dostatek kyslíku. Uhlík zůstává v pevné formě na roštu, povrchově se okysličuje na oxid uhelnatý (CO), který při dodání dalšího kyslíku oxiduje na oxid uhličitý (CO₂). Při rovnoměrném dodávání paliva a dostatečném přívodu kyslíku probíhají všechny čtyři fáze spalovacího procesu současně a teplo se vytváří rovnoměrně.

Obecně platí, že výkon topeniště je tím vyšší, čím je vstupní materiál sušší, čím větší povrch materiálu hoří (proto se dřevěné brikety vyrábějí s centrálním otvorem, zvětšujícím jejich povrch) a čím více materiálu hoří současně. Z těchto základních závislostí se

odvíjí konstrukce topenišť i příprava materiálu ke spalování, jak co do úpravy jeho velikosti, tak vlhkosti.

Při spalování dřeva totiž velmi záleží na formě spalovaného dřeva (špalky, polena, odřezky, štěpka, drť, piliny) a potřebném výkonu kotle.

3.3. Zdroje elektrické energie

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla představuje jedno z významných racionalizačních opatření z hlediska úspor primární energie paliv, mající současně i příznivý ekologický dopad. Pro její realizaci je možno v případě pojednávaných objektů principiálně použít následující tepelné stroje :

- **malá parní protitlaká turbína**
- **spalovací motory (v oblasti především nižších výkonů)**

Konkrétní způsoby zapojení tepelných oběhů tepláren závisí na celé řadě podmínek, mezi které je možné především počítat

- výběr paliva (cena, doprava, emisní limity)
- charakter potřeby tepla
- diagram trvání potřeby tepla, resp. i elektrické energie
- podmínky odběru elektřiny popř. tepla, cenová atraktivita těchto produktů
- výběr látky pro přenos tepla (pára, voda)
- výstavba nového, rekonstrukce nebo rozšíření stávajícího zdroje
- časový nárůst potřeby tepla (prognoza)
- investiční a úvěrové možnosti
- ekologické limity

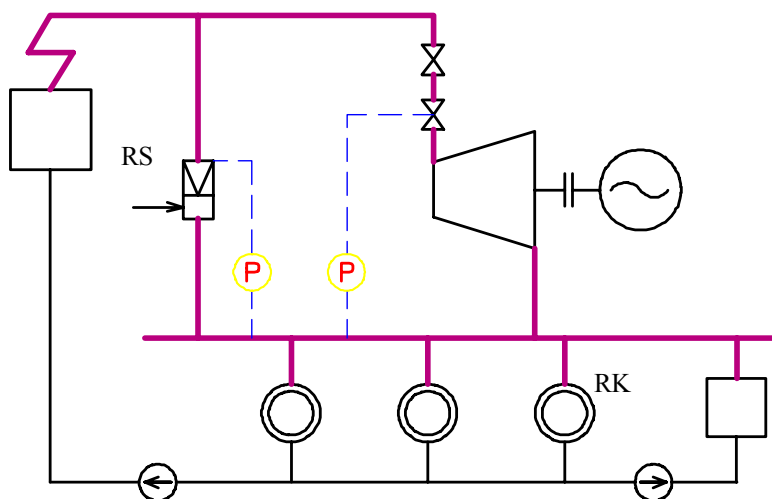
Jedná se tedy o velice komplexní problém, při jehož řešení resp. při výběru optimální varianty musí být zváženy technické, ekonomické a ekologické aspekty. U tepláren třeba řešit případ od případu pro konkrétní podmínky.

PTC s parním oběhem - s protitlakou turbínou

Základní uspořádání ukazuje schema na obrázku 1. Část energie páry se při expanzi v turbíně převádí na mechanickou práci pro pohon generátoru. Výstupní páru lze využít pro různé technologické účely i jako páru topnou. Její okamžitou spotřebou je dán průtok páry turbínou a tím i získaný mechanický resp. elektrický výkon. Jednoduché seriové řazení kotel - turbína - spotřebič vede tedy k jednoznačné závislosti elektrického výkonu na odebíraném topném výkonu $E = f(Q_d)$. Výroba elektřiny má tak do značné míry vynucený charakter a sezónnost v potřebě tepla vede k nižšímu ročnímu využití zařízení a tedy k zhoršování ekonomických bilancí.

Nezbytnou součástí okruhu je redukční stanice RS, tj. redukční ventil s chladičem a vstříkem. Zajišťuje jednak změnu poměru E/Q_d resp. zvětšení topného výkonu a dále umožňuje dodávku tepla i mimo provoz turbíny. Hltnost turbíny se obvykle nedimenzuje na maximální tepelný výkon zdroje, ale s přihlédnutím k využití plného výkonu parní turbíny a provozu při optimální účinnosti na výkon nižší, závislý na konkrétním ročním diagramu trvání dodávky tepla. Větší odběr tepla než odpovídá hltnosti turbíny kryje redukční stanice. Na straně spotřebičů může být zapojen rezervní nízkotlaký kotel RK s tlakem páry rovným protitlaku turbíny.

Protitlaké turbíny umožňují dosáhnout vysokého stupně využití tepla v palivu ($\eta_{\text{teplárny}} \sim 0.9$). Nevýhodou je však malá hodnota modulu teplárenské výroby elektřiny $0.2 \div 0.4$ (obvykle však $e < 0.3$) a uvedená závislost výroby elektřiny na dodávce tepla $E = f(Q_d)$.



Obr. 1 Schema PTC s protitlakou parní turbínou a s rezervním (špičkovým) kotlem

PTC se spalovacím motorem

Kogenerační jednotky menších výkonů je možné osadit spalovacími motory zejména na plynná paliva. Ty lze zařadit i do existujících vytopen. Výhodou je dodávka elektrického proudu k bezprostřední spotřebě, vzrůstají však nároky na prostor a nutné je odhlučnění motoru. Dodávka tepla je možná v teplé nebo horké vodě. Vzhledem k vyšší účinnosti lze dosáhnout vyšší modul e a motory jsou i levnější než odpovídající spalovací turbíny.

Nejrozšířenějším dodavatelem kogeneračních jednotek s plynovým motorem v ČR je firma TEDOM, která dodává tyto jednotky v široké výkonové škále a to od elektrického výkonu 18 kW (motor Favorit) do 500 kW (potenciálně i vyšších). Využívá pro tyto jednotky jak upravených zážehových nebo vznětových vozidlových motorů (Škoda, Zetor, Liaz), tak upravených stacionárních motorů (např. Škoda - Diesel) nebo přímo pro účely kogenerace vyvinutých plynových motorů (Dorman, Deutz, ČKD Hořovice a pod.).

Dimenzování výkonů zmíněných motor-generátorových jednotek pro výrobu elektrické energie je v obvykle **nejpříznivějším případě** odvozeno z požadavku spotřeby veškeré elektrické energie uživatelem (bez dodávky do veřejné sítě). **Využití** těchto zařízení je ovlivněno jejich dimenzováním. Obvykle je odvozeno z tepelného příkonu $Q_{\min} + Q_{TUV}$, což umožňuje nejdelší využití plného elektrického výkonu zařízení a tím i jeho dobrou ekonomickou efektivnost.

Výběr látky pro dodávku tepla z teplárny.

Dodávku tepla je možno realizovat přímo v páře, tedy v jednom okruhu kotel - spotřebič. Druhou možností je dodávka v horké vodě s použitím výměníku, který odděluje okruh kotle od okruhu spotřebičů. Toto řešení přináší následující výhody:

- blokuje nebezpečí průniků škodlivých látek, korozních produktů a jiných nečistot do kotelní vody (např.: z technologických procesů v chemickém průmyslu).
- snižuje ztráty kotlové vody a tím i náklady na úpravu vody přídavné

Nevýhodou je pokles tlaku topné páry ve výměníku o $\sim 0.2-0.3$ MPa, což při požadavku na zachování topného tlaku vede ke snížení elektrického výkonu o $5-10\%$.

Oba způsoby dodávky tepla lze samozřejmě kombinovat.

Základní hlediska ovlivňující uplatnění kogenerační výroby elektrické energie

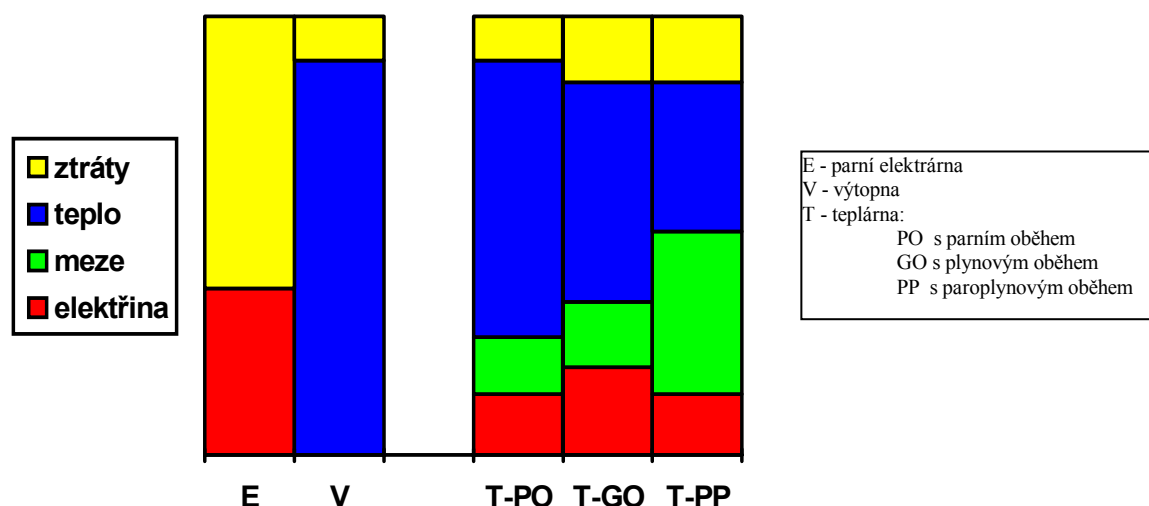
Z obecné analýzy je zřejmé, že výběr konkrétní tepelné centrály je výsledkem **energeticko - ekonomicko - ekologické** optimalizace, vycházející z konkrétních potřeb provozovatele a aktuálních okrajových podmínek - především ekonomických.

Základní ukazatele pro energetické porovnání jsou:

- účinnost (ačkoli ta má u tepláren sníženou vypovídací schopnost) - $\eta_{\text{teplárny}}$

- poměr produkovaných forem energie E/Q_d , tedy teplárenský modul e

Přehledné porovnání jednotlivých typů tepláren umožňuje následující diagram, v němž jsou pro srovnání uvedeny i oddělené výroby elektřiny a tepla - elektrárna a výtopna:



Pro všechny energetické centrály je uvedeno poměrné rozdělení stejného množství tepla uvolněného z paliva Q_p na žádané produkty: teplo Q_d a elektřinu E a na ztráty. Účinnost jednotlivých tepláren ($\eta_{\text{teplárny}}$) tedy poměr $(Q_d+E)/Q_p$ se vzhledem ke srovnatelným hodnotám ztrát příliš neliší. Významný je však rozdílný dosahovaný modul e . Pásmem "meze" jsou v grafu naznačeny možná minima a maxima hodnoty podílu elektrické energie, který je závislý na konkrétním uspořádání teplárny. Je zřejmé, že určitý rozsah hodnot e můžeme realizovat ve více typech tepláren, jeho maximální hodnoty se však dosahuje u zařízení s paroplynovým oběhem.

Obecně platí, že teplárny s vyšším modulem teploty výroby e přináší provozovateli:

- vyšší tržby za elektrickou energii
- pokles nákladů na teplo a tedy nárůst konkurenceschopnosti jeho výroby
- rozdělení poplatků z ekologických účinků na více vyrobené energie ($E+Q_d$)

Z hlediska energetického a ekologického je tedy rozvinutá kogenerace velmi účelná

Uvedené výhody tepláren s vyšší hodnotou e jsou však logicky provázány jejich vyšší investiční náročností ve srovnání s výtopnou resp. jednodušší teplárnou.

3.4. Kombinované zdroje tepla a elektrické energie

Tato kapitola je určena pro základní orientaci při rozhodování o instalaci kogeneračního systému pro společnou výrobu tepla a elektrické energie do vybraných komunálních objektů (nemocnice, obchodní domy, hotely) jak při rozšíření stávajícího energetického zdroje tak při výstavbě zdroje nového.

Společná výroba tepla a elektrické energie v kogeneračních zdrojích zajišťuje podstatně vyšší účinnost přeměny paliva na tyto dvě formy využitelné energie při porovnání s oddělenou výrobou tepla ve výtopnách.

Důsledkem vyšší účinnosti je výrazná úspora primárních fosilních paliv a tomu odpovídající i snížení emisí škodlivin ze zdrojů energie.

Rozšířením instalací kogeneračních systémů do vhodných objektů, do kterých zajistí dodávku tepla i el. energie bez ztrát v rozvodech se může tedy pozitivně projevit ve snížení výroby el. energie v systémových kondenzačních elektrárnách pracujících s nízkou účinností a spalující nízkovýhřevné sirnaté uhlí.

Kogenerace všeobecně

Kogenerací je označována společná výroba tepla a el. energie. Tohoto efektu je možno dosáhnout za pomoci tří druhů zařízení lišících se způsobem i stupněm konverze primárního paliva.

Parní kogenerace je výroba el. energie a tepla s využitím Rankinova cyklu prostřednictvím páry vyrobené v kotli spalujícím fosilní palivo, která je přiváděna do soustrojí

protitlaká parní turbína - alternátor, z kterého je odebírána el. energie a teplo ve formě páry z protitlaku turbíny. Celková účinnost využití energie obsažené v primárním palivu je cca 77 - 87 %, přičemž dominantní je účinnost výroby tepla (v závislosti na tlaku před a za turbínou cca 69 - 75%), účinnost výroby el. energie jen cca 8 - 12%. Stupeň zhodnocení primárního paliva na el. energii je tedy nízký, výhodou je možnost spalování levného paliva (uhlí).

Plynová kogenerace je výroba el. energie a tepla přímým spalováním plynu ve spalovacím motoru (Ottův cyklus) nebo spalovací turbíně (Braytonův cyklus) pohánějící alternátor se současným využitím odpadního tepla z motoru nebo turbíny. Stupeň konverze energie obsažené v primárním palivu na el. energii je podstatně vyšší cca 25 - 42%, účinnost výroby tepla je cca 47 - 50%, celková účinnost využití energie v palivu činí cca 72 - 88%. Daní za vyšší podíl vyráběné el. energie je ale nutnost ve většině případů spalovat drahý zemní plyn, protože však motory i turbíny mohou být provozovány i na jiná plynná paliva je možno plynovou kogeneraci zajistit i s bioplynem nebo dřevoplynem. Nízká výhřevnost těchto plynů však vyžaduje konstrukční úpravy motoru či turbíny, navíc se projeví v nižší elektrické účinnosti .

Paroplynová kogenerace je výroba el. energie a tepla se snahou o maximální podíl výroby el. energie. To je zajištěno kombinací zařízení na plynovou a parní kogeneraci. Odpadním teplem ze spalovací turbíny je vyráběna pára, která pohání soustrojí s parní turbínou, nebo je část vyrobené páry vstříkována do spalovací komory spalovací turbíny.

Parní kogenerace

Je uskutečňována pomocí soustrojí protitlaká turbína - alternátor. Do turbíny je přiváděna pára, která je po expanzi v turbíně odváděna o nižším tlaku pro využití jejího tepla ve spotřebitelském okruhu. Turbína pohání buď přímo nebo přes převodovku alternátor vyrábějící el. energii. Podle počtu otáček turbíny a počtu pólů alternátoru je volen převodový poměr převodovky tak, aby bylo dosaženo požadované frekvence 50 Hz vyráběné el. energie. Ve vyjimečných případech pohání vysokootáčková turbína vysokootáčkový alternátor a vyrobená el. energie je pomocí střídače konvertována na frekvenci a napětí sítě.

Elektrická účinnost soustrojí je poměr vyrobené el. energie a rozdílu entalpie páry na vstupu a výstupu z turbíny. Pro požadovaný tlak páry v protitlaku je pro hlnost turbíny tedy nutno pro co nejvyšší el. výkon soustrojí zajistit co nejvyšší tlak a teplotu páry na vstupu do turbíny.

Pro nižší elektrické výkony sou strojí s protitlakými turbínami axiálními nebo radiálními. Z hlediska dosahované termodynamické účinnosti jsou výhodné moderní rychloběžné radiální turbíny jednostupňové nebo dvoustupňové s malou měrnou hmotností a krátkou dobou najíždění.

Turbíny axiální i radiální jsou v uvedeném výkonovém rozsahu konstruované pro parametry :

vstupní pára	tlak	0,9 - 6,5 MPa
	teplota	200 - 450°C
protitlak	tlak	0,1 - 0,7 Mpa

Alternátory dle požadavku na dodávku el. energie synchronní i asynchronní

Regulace výkonu soustrojí je zajištěna regulačním ventilem na přívodu páry do turbíny, případně navíc natáčivými statorovými lopatkami

Soustrojí je obvykle dodáváno na společném rámu včetně mazání a regulace

Aplikace parní kogenerace

V mnoha výrobních i komunálních objektech je tlak páry přiváděné z kotlů nebo parního přivaděče vyšší než tlak požadovaný ve spotřebičích páry. V objektu je tedy instalována tlaková redukční stanice, v které je pára škrcena na požadovaný nižší tlak.

V takových případech je možno instalovat paralelně ke stávající redukční stanici soustrojí s protitlakou turbínou, která zajistí redukci tlaku páry a současně vyrábí el. energii.

Soustrojí s protitlakou turbínou lze též instalovat i do výtopenských parních zdrojů tepla dimenzovaných přímo na požadovaný odběrový tlak páry a tedy bez redukční stanice, při výměně dožitých kotlů v takovém zdroji je možno instalovat nové kotle o stejném parním výkonu ale o vyšším tlaku, které zajistí dodávku páry pro provoz protitlakého soustrojí.

Ve většině případů je odběr el. energie ve dne podstatně vyšší než v noci přičemž pokles spotřeby tepla v noci není tak markantní. Pokud je pára ve spotřebitelském okruhu též využívána pro horkovodní nebo teplovodní vytápění (pomocí výměníku pára - voda) je možno do vodního okruhu instalovat tepelný akumulátor. Soustrojí je potom možno dimenzovat na vyšší elektrický a tepelný výkon a provozovat je pouze v době denního vyššího odběru el.

energie (současně ve vyšším cenovém tarifu), přebytečné teplo dodané ze soustrojí je akumulováno a využito v noci .

Plynová kogenerace

Kogenerační jednotky se spalovacími motory

Kogenerační jednotka se spalovacím motorem se skládá ze zážehového spalovacího motoru pohánějící napřímo alternátor vyrábějící el. energii a výměníků pro využití odpadního tepla z motoru.

Termodynamicky jsou děje ve spalovacím motoru popsány tzv. Ottovým oběhem.

Směs zemního plynu se spalovacím vzduchem je do válců dodávána pod tlakem turbokompresorem poháněným spaliny, kog. jednotka tedy nevyžaduje přívod tlakového zemního plynu, plyn může být dodáván z běžného potrubí s redukováným tlakem (desítky kPa).

Odpadní teplo z motoru je pro využití odváděno pomocí dvou výměníků na dvou teplotních úrovních. První výměník odvádí teplo z bloku motoru a z oleje na úrovni cca 80 - 90 °C. Druhý výměník odvádí teplo z odcházejících výfukových spalin o teplotě cca 400 - 500°C. Výměníky jsou z hlediska průtoku teplonosného media zapojeny do série.

Obvykle jsou kogenerační jednotky koncipovány pro dodávku tepla do teplovodního systému 90 / 70°C, méně 110/85°C. Ohřívána voda ze zpátečky teplovodního systému (70°C) prochází nejprve prvním výměníkem, kde se předeřeje a je vedena do výměníku druhého, kde se dořeje na požadovanou teplotu (90°C).

Ve zcela vyjímečných případech je teplo z kogenerační jednotky dodáváno v teplé vodě (odpadní teplo bloku motoru a oleje) a v páře (odpadní teplo spalin).

Pro možnost přechodného provozu kog. jednotky bez využití nebo s částečným využitím vyrobeného tepla jsou jednotky obvykle vybavovány nouzovým chladičem, který teplo z jednotky odvádí do atmosféry.

Elektrická účinnost (poměr el. výkonu alternátoru a příkonu v přiváděném plynu) se u kog. jednotek se spalovacími motory pohybuje v rozsahu cca 33 - 42%. Elektrická účinnost se zvyšuje se zvyšováním kompresního poměru a se zvyšováním přebytku spalovacího vzduchu.

Elektrická účinnost je udána pro nominální výkon jednotky, při snižování výkonu jednotky není její pokles příliš markantní (na rozdíl od dále uvedených jednotek se spalovacími turbínami).

Tepelná účinnost jednotek (poměr využitelného tepelného výkonu a příkonu v přiváděném plynu) se pohybuje v rozsahu cca 40 – 50 % tzn., že celková účinnost jednotek bývá cca 80 - 92%.

Kogenerační jednotky se zážehovými spalovacími motory se dodávají o el. výkonech v rozsahu od cca 20 kW do 5000 kW.

Pro provoz kogeneračních jednotek se spalovacími motory spalující zemní plyn platí v ČR emisní limity dané Vyhláškou MŽP č. 117 z 12.5 1997 pro referenční obsah kyslíku ve spalinách 5% :

NOx	500 mg/Nm ³
CO	650 mg/Nm ³

U provozovaných spalovacích motorů se obvykle koncentrace pohybují :

NOx cca 250 - 400 mg/Nm³

při aplikaci trojcestného katalyzátoru jen cca 100 mg/Nm³

CO cca 300 - 400 mg/Nm³

při aplikaci oxidačního katalyzátoru jen cca 30 mg/Nm³

Kogenerační jednotky se spalovacími turbínami

Sestávají ze soustrojí spalovací turbína - alternátor vyrábějícího el. energii a spalínového kotle, z kterého je dodáváno využitelné teplo ve formě teplé či horké vody nebo páry.

V pojednávaných objektech se neužívají – jejich výkony jsou vyráběny s elektrickými výkony od cca 1 000 kW do 200 000 kW.

Dimenzování kogeneračních zařízení

Kogenerační jednotka kteréhokoliv uvedeného typu není v naprosté většině případů instalována jako jediný zdroj energie ale v kombinaci s dalším kotlem nebo kotli. Kog. jednotka zajišťuje dodávku tepla a el. energie v základním zatížení, požadavek na dodávku vyššího tepelného výkonu je zajištěn provozem jednotky společně s kotli. Špičky v dodávce el. energie převyšující el. výkon kog. jednotky jsou zajišťovány ze sítě.

Provoz kog. jednotky pro její dimenzování není tedy možno posuzovat odděleně ale pouze v rámci provozu celého zdroje tepla a el. energie.

Kog. jednotka je instalována buď do stávající výtopny (zajišťující jen dodávku tepla) v rámci její rekonstrukce na teplárnu nebo je součástí nově budované teplárny.

V prvním případě tepelný výkon kog. jednotky rozšiřuje stávající instalovaný tepelný výkon výtopny, v případě druhém je instalovaný výkon kotlů volen s přihlédnutím k tepelnému výkonu kog. jednotky.

Dimenzování kogenerační jednotky pro dané provozní podmínky teplárny, kde má být instalována je podřízeno požadavku zajištění příznivější ekonomie provozu teplárny v porovnání s pouhou výtopnou (bez kog. jednotky).

Je třeba si uvědomit, že měrné investiční náklady na kogenerační jednotku produkující elektrický a tepelný výkon jsou mnohonásobně vyšší než na kotelní zařízení o stejném tepelném výkonu.

Měrné investiční náklady na dodávku kogeneračních zařízení ve výkonové oblasti cca od 100 kWe do 15 000 kWe vztažené na instalovaný el. výkon se pohybují v rozsahu :

- | | |
|---|-------------------------|
| - pro soustrojí s protitlakou parní turbínou, | cca 8 - 12 mil. Kč/MWe |
| - pro kog. jednotky se spalovacími motory, | cca 11 - 16 mil. Kč/MWe |
| - pro kog. jednotky se spalovacími turbínami, | cca 20 - 27 mil. Kč/MWe |
| - pro kog. jednotky paroplynové, | cca 25 - 34 mil. Kč/MWe |

všeobecně platí, že měrné investiční náklady jsou nepřímě úměrné výkonu kog. jednotky

Poměrem výše elektrické a tepelné účinnosti konkrétního kogeneračního zařízení je dán též poměr jeho nominálního elektrického a tepelného výkonu (kWe : kWt, MWe : MWt).

Pro soustrojí s protitlakou parní turbínou je poměr el. a tep. výkonu obvykle v rozsahu cca 1 : 6 až 1 : 9.

Pro kog. jednotky se spalovacími motory je poměr el. a tep. výkonu obvykle v rozsahu cca 1 : 1,1 až 1 : 1,6.

Pro kog. jednotky se spalovací turbínou je poměr el. a tep. výkonu obvykle v rozsahu cca 1 : 1,7 až 1 : 2,1.

Pro kog. jednotky paroplynové (se spalovací turbínou) je poměr el. a tep. výkonu obvykle v rozsahu cca 1 : 1,2 až 1 : 1,6.

Pro ekonomické hodnocení provozu kog. zařízení je nutno posuzovat odděleně parní kogeneraci, která má velmi nízký poměr vyráběné el. energie vůči teplu ale páru je možno vyrábět z levného uhlí. Oproti tomu plynová kogenerace může spalovat pouze podstatně dražší zemní plyn (s výjimkou využití bioplynu, dřevoplynu nebo jiných odpadních plynů).

Kogenerační jednotky se spalovacími motory je však možno instalovat jen v těch případech kdy je možno využít vyrobené teplo ve formě teplé (90/70°C) nebo horké vody (110/85°C).

Jinou možností je např. rekonstrukce stávajícího parního vytápění na teplovodní v souvislosti s instalací kog. jednotky.

Pro dosažení ekonomicky výhodného provozu kogenerační jednotky je třeba ji provozovat tak, aby :

- 1/ kromě vyrobené el. energie bylo maximálně využito i vyrobené teplo
- 2/ bylo maximálně zhodnoceno nejen vyrobené teplo ale především el. energie
- 3/ kog. jednotka byla provozována s co nejvyšším ročním časovým využitím

Pro splnění tří uvedených podmínek je nutno výkon kogenerační jednotky vhodně dimenzovat s přihlédnutím k průběhu denního i ročního diagramu odběru el. energie a tepla objektu, do kterého má jednotka el. energii a teplo dodávat.

V případě průmyslových závodů a větších komunálních objektů (hotely, obchodní domy, nemocnice) se výkon kog. jednotky v prvním kroku dimenzuje dle vlastní spotřeby el. energie příslušného objektu a kontroluje se stupeň využití vyrobeného tepla.

V případě komunálních tepláren malá část vyrobené el. energie pokrývá nízkou vlastní spotřebu teplárny a většina je dodávána do el. sítě lokálních rozvodných závodů jejíž množství

není ve většině případů limitováno, proto je výkon jednotky v prvním kroku dimenzován dle průběhu požadované dodávky tepla do teplotní sítě.

Pro splnění podmínky na maximální využití vyrobeného tepla je nutno instalovaný výkon kog. jednotky s přihlédnutím k jejímu typu (poměr elektrického a tepelného výkonu) přizpůsobit dennímu i ročnímu průběhu odběru tepla a el. energie.

Následně jsou uvedeny typické odběry tepla a el. energie pro objekty, do kterých je možná instalace kogenerační jednotky.

Typické průběhy odběru tepla a el. energie

Komunální objekty :

1/ Nemocnice

odběr tepla během dne rovnoměrný včetně sobot a nedělí, relativně nízký pokles spotřeby v letním období v důsledku vysoké spotřeby TUV, v případě absorpčních chladicích jednotek pro klimatizaci je pokles velmi nevýrazný. Odběr el. energie denní i roční rovnoměrný včetně sobot a nedělí, v případě klimatizace s kompresorovými chladicími jednotkami je v letním období vyšší než v zimě.

2/ Obchodní domy

odběr tepla během dne rovnoměrný, značný pokles spotřeby v letním období v důsledku nízké spotřeby TUV, v případě klimatizace s absorpčními chladicími jednotkami je pokles v letním období velmi nevýrazný, může být i vyšší spotřeba tepla než v zimě odběr el. energie denní i roční rovnoměrný, v letním období v případě klimatizace s kompresorovými chladicími jednotkami vyšší než v zimě

3/ Hotely

odběr tepla během dne rovnoměrný včetně sobot a nedělí, pokles spotřeby v letním období v důsledku vyšší spotřeby TUV není tak výrazný, v případě klimatizace s absorpčními chlad. jednotkami je pokles ještě nižší. Odběr el. energie během dne rovnoměrný včetně sobot a nedělí, letní odběr v případě klimatizace s kompres. chlad. jednotkami vyšší než v zimě

Protože u konkrétní kogenerační jednotky je dán poměr jejího elektrického a tepelného výkonu je dimenzování jednotky do daných podmínek značně ovlivněno nejen průběhem ale též poměrem odběru el.energie a tepla. Optimální výkon kogenerační jednotky vůči danému odběrovému diagramu tepla a el. energie je možno tedy zjistit pouze ekonomickou analýzou všech navržených případů dle zvoleného ekonomického kritéria. Hodnotícím kritériem bývá obvykle doba návratnosti investic, vnitřní výnosové procento nebo kumulovaný diskontovaný tok hotovosti.

V případě komunálních zdrojů tepla jejichž vlastní spotřeba el. energie je nízká a větší část vyrobené el. energie bude dodána do sítě je nutno v prvním kroku dimenzovat výkon kog. jednotky od průběhu dodávky tepla. V dalším je nutno přihlídnout k faktu, že někteří povozovatelé el. sítě nenabízí za dodávku el. energie paušální platbu odvozenou jen od dodané el. práce ale rozlišují výkupní cenu podle denní doby kdy je el. energie dodávána. V takovém případě je nutno ekonomicky zhodnotit různé režimy provozu jednotky, případně doplnění tepelné sítě akumulátorem tepla, který umožní provoz jednotky na vyšší výkon v době vyšší výkupní ceny el. energie.

Přehled dodavatelů a základních parametrů kogeneračních zařízení

V tomto odstavci jsou uvedena zařízení, která dodávají tuzemští dodavatelé nebo dodavatelé zahraniční se zastoupením v ČR.

Parní kogenerace

PBS a.s. Velká Bíteš

Typ soustrojí	Otáčky turbíny	El. výkon	Vstupní pára		Protitlak
			tlak	teplota	
	(1/min)	(kW)	(MPa)	(°C)	(MPa)
Mv 400 - 700, axiální	1500 - 4500	10 - 700	0,9 - 4,5	200 - 460	0,1 - 0,7
PC 400 - 850, axiální	1500 - 4500	40 - 1800	0,9 - 10,0	200 - 545	0,1 - 1,6
PCPL 400 - 700, axiální	7500 - 9000	400 - 1000	0,9 - 4,5	200 - 460	0,1 - 0,7
HSTG 150 - 250, radiální	30000	150 - 250	max. 3,5	max. 400	max. 0,7
STG I R - II R, radiální	15000 - 30000	300 - 10000	0,9 - 6,5	180 - 450	0,02 - 1,3

Typ soustrojí	Otáčky turbíny	El. výkon	Vstupní pára		Protitlak
			tlak	teplota	
	(1/min)	(kW)	(MPa)	(°C)	(MPa)
ER 0,1 - 0,6	3000	100 - 1200	0,4 - 0,8	200 - 300	0,1 - 0,6
	3000 - 20000	1000 - 25000	3,5 - 9,0	do 560	0,5 - 3,5

Plynová kogenerace

Kogenerační jednotky s plynovými motory

TEDOM s.r.o. Třebíč

Typ	Výkon (kW)		Účinnost (%)	
	elektrický	tepelný	elektrická	tepelná
MT- 22A	22	43	27	53
MT- 45A	45	80,5	29	52
MT - 75 A	75	125	31	53
MT-140S	140	200	34	51
MT-400S	400	600	34	52
190-CAT TA32	193	268	34	48
190-CAT TA70	159	244	34	52
260-CAT TA32	264	364	34	47
260-CAT TA70	235	372	34	53
390-CAT TA32	390	515	34	45
390-CAT TA70	346	531	35	52
500-CAT TA32	510	722	34	48
500-CAT TA70	455	740	33	54
770-CAT TA32	770	1045	35	47
770-CAT TA70	685	1105	34	54
1000-CAT TA32	1035	1390	35	47
1000-CAT TA70	920	1473	34	54
1000-CAT TA32HE	1035	1201	38	44
1000-CAT TA70HE	1035	1336	48	86

Poznámka: MT - motory tuzemské výroby: LIAZ, ZETOR
 CAT - motory Caterpillar
 A - generátor asynchronní
 S - generátor synchronní

Typ	Výkon (kW)		Účinnost (%)	
	elektrický	tepelný	elektrická	tepelná
TBC 60	55	95	31	54
TBG 140	140	200	35	50
TBG 260	257	365	35	51
TBG 350	343	485	35	51
TBG 520	520	735	36	51
TBG 700	698	980	37	51
TBG 1100	1087	1565	35	51
TBG 760	770	1120	35	51
TBG 930	936	1323	36	51
TBG 1230	1237	1748	36	51
TBG 1600	1588	2100	37	50
TBG 2400	2387	3150	38	50
NAG 40	36	75	29	58
NAG 80	79	139	32	55
NAG 150	142	245	33	57
NAG 200	189	329	33	58
NAG 300	294	507	34	58
NAG 360	358	617	34	59
NAG 480	478	820	33	56
NAG 600	593	1015	34	58
NAG 730	722	1165	35	57
NAG 970	962	1610	33	55

Poznámka: Typy TBG jsou dodávány s motory na chudou směs, typy NAG s motory provozovanými na stechiometrický poměr vzduchu

ŠKODA PRAHA a.s.

Typ	Výkon (kW)	
	elektrický	tepelný
ŠKODA P-300, D-300	300	450
ŠKODA P-400	400	600
ŠKODA P-600	600	870
ŠKODA J-736	736	947
ŠKODA J-922	922	1185
ŠKODA R-2300	2300	3270

Poznámka: P - motory PERKINS
 J - motory JENBACHER
 R - motory RUSTON
 D - motory DORMAN DIESEL

DAGGER s.r.o. Praha

Typ	Výkon (kW)	
	elektrický	tepelný
SPG 115	115	155
SPG 170	170	240
SDG 300	300	430
SDG 400	400	605
SDG 600	600	916
SDG 800	800	1226

ČKD MOTORY a.s. Hradec Králové

Typ	Výkon (kW)		Účinnost (%)	
	elektrický	tepelný	elektrická	tepelná
6-27,5 A2S-G	500	735	33	49
6C28G8G	1000	1500	33	49
8C28GSG	1328	2000	32	48
12C28GSG	2000	3000	35	52

KLOR s.r.o. Praha (zastupuje firmu JENBACHER, Rakousko)

Typ	Výkon (kW)		Účinnost (%)	
	elektrický	tepelný	elektrická	tepelná
JMS 106 GS	70	120	32	55
JSM 208 GS	280	400	36	52
JSM 212 GS	470	652	37	51
JSM 312 GS	551	715	39	50
JSM 316 GS	736	947	39	50
JSM 320 GS	922	1185	39	50
JSM 612 GS	1457	1704	40	46
JSM 616 GS	1942	2231	40	46

Poznámka : Kromě uvedených typů jednotek, které dodávají teplo na teplotní úrovni 90/70°C firma dodává i jednotky v uvedeném výkonovém rozsahu pro dodávku tepla na teplotní úrovni 110/85 a 130/110°C

PROGRESS POWER, s.r.o. Hradec Králové (zastupuje firmu WARTSILA, Finsko)

Typ	Výkon (kW)		Účinnost (%)	
	elektrický	tepelný	elektrická	tepelná
16V 175SG	1010	1205	34	41
18V 28SG	4500	5520	41	49
18V 34SG	5500	6280	42	48

Poznámka : Uvedené tepelné účinnosti jsou platné při dodávce tepla v teplé vodě, jednotky jsou též dodávány pro dodávku tepla v teplé vodě a páře

FERROTHERM s.r.o. Praha (zastupuje firmu MAN, Německo)

Typ	Výkon (kW)		Účinnost (%)	
	elektrický	tepelný	elektrická	tepelná
E 2866 NM	72	136	29	55
E 2842 NM	140	236	33	55
E 2842 LN	325	439	35	48
E 2842 LN	310	481	35	55
E 6038 LE	412	589	36	52
E 6042 LE	606	867	36	52
E 6046 LE	812	1156	36	52
6L 28/32 SI	1163	1353	40	46
7L 28/32 SI	1357	1579	40	46
8L 28/32 SI	1550	1804	40	46
9L 28/32 SI	1745	2030	40	46
12V 28/32 SI	2325	2707	40	46
16V 28/32 SI	3100	3609	40	46
18V 28/32 SI	3490	4060	40	46

JSM s.r.o. Hradec Králové (zastupuje firmu NUTEC, Holandsko)

Typ	Výkon (kW)		Účinnost (%)	
	elektrický	tepelný	elektrická	tepelná
Nutec 300	288	450	36	53
Nutec 400	385	630	36	54
Nutec 600	577	920	36	53
Nutec 800	771	1240	36	54

3.5. Obnovitelné zdroje energie

Tepelná čerpadla

1. Základní specifikace

Tepelné čerpadlo je zařízení, které odebírá teplo ze zdroje o nízké teplotě, teplotu zvýší a předá teplo s touto zvýšenou teplotní úrovní do spotřebitelského systému. Tepelné čerpadlo je tedy zařízení k přečerpávání nízkopotenciálního tepla na teplo na využitelné teplotní úrovni.

Existují dvě základní skupiny tepelných čerpadel:

- **kompresorová**

u kterých hnací mechanická energie pro pohon kompresoru může být zajištěna elektromotorem nebo spalovacím motorem

- **absorpční**

u kterých hnací tepelná energie může být dodávána parou, horkou vodou nebo spalováním paliva

2. Kompresorová tepelná čerpadla (KTČ)

Pracovní oběh i schema KTČ jsou shodné se schématem a oběhem chladících zařízení s tím rozdílem, že výparník odebírá teplo z energetického zdroje, v kompresoru je zvýšena teplotní hladina převzatého tepla a kondenzátor je odevzdává s touto vyšší teplotní hladinou oběhovému mediu v systému pro využívání takto získaného tepla. Kompresor nasává páry chladiva z výparníku při tlaku p_0 , teplotě T_0 a stlačuje je na zvolenou hodnotu tlaku p_K a jí příslušnou teplotu T_K . Po kondenzaci je chladivo vedeno přes expanzní ventil zpět do výparníku.

Měřítkem pro hodnocení provozu tepelných čerpadel je topný faktor, který je definován jako poměr využitelného tepelného výkonu a mechanického příkonu kompresoru. Topný faktor je možno také vyjádřit pomocí teplot vypařování a kondenzace chladiva.

$$F = [T_K / (T_K - T_V)] \cdot k \quad (-)$$

kde:

k...korekční součinitel respektující skutečný oběh; $k = (0,4 \div 0,6)$

Z uvedeného vyplývá fakt, že se vzrůstajícím rozdílem teplot ($T_K - T_V$) a tím i rozdílem teplot topného media ve spotřebitelském okruhu a nízkopotenciálního zdroje klesá úměrně i hodnota F a tím i hospodárnost celého zařízení.

Druhou hodnotou, která určuje konstrukci kompresoru je tak zvaný objemový tepelný výkon chladiva . Udává množství energie převzaté ve výparníku na 1m^3 nasátých par chladiva.

S vyšším tepelným objemovým výkonem se zmenšuje velikost kompresoru.

Nejvhodnějším chladivem z termodynamického a cenového hlediska je např. čpavek nebo propan-butan. Dříve byla také používána chladiva R 11 a R 12, které však vykazují nejvyšší potenciál likvidace ozonu. Zákon č. 86/1995 Sb. o ochraně ozonové vrstvy Země proto zakazuje dovoz a užívání těchto chladiv. Vzhledem k ekvivalentním omezením i v ostatních státech dodávají světoví výrobci KTČ již výhradně s ekologicky minimálně závadnými chladivy.

KTČ jsou provozována obvykle v zapojení voda - voda tzn., že nízkopotenciálním i užitným mediem je voda. V méně obvyklých případech je KTČ provozováno v zapojení vzduch - voda. V případě zapojení vzduch - vzduch je teplo převedené na vyšší teplotní hladinu předáváno vzduchu, který se používá pro ohřev nebo sušení. Výparníkem i kondenzátorem v případě sušení prochází stejný proud vzduchu, který je vháněn do TČ jedním ventilátorem ,který je součástí sušicího okruhu. Nejprve na chladné ploše výparníku zkondenzuje vlhkost ze vzduchu a poté se vzduch ohřeje při průchodu kondenzátorem.

Rozsah možných teplot nízkopotenciálního zdroje a spotřebitelského okruhu je limitován použitým chladivem. Pro nejobvyklejší chladivo R22 se teplota nízkopotenciálního zdroje může pohybovat v rozsahu cca -10°C až $+10^{\circ}\text{C}$ a teplota spotřebitelského okruhu je limitována hodnotou cca 60°C .

Pro průmyslové aplikace KTČ se obvykle teplota nízkopotenciálního zdroje pohybuje v rozsahu cca $0 - 20^{\circ}\text{C}$ což zajišťuje příznivou hodnotu topného faktoru a tím i ekonomii provozu. V případě dodávky tepla z KTČ do spotřebitelského okruhu při teplotě cca $50 - 60^{\circ}\text{C}$ se topný faktor pohybuje v rozmezí cca 3 - 5.

V případě, že kompresor KTČ není poháněn elektromotorem ale spalovacím motorem je jednak dosaženo podstatně příznivější konverze primární energie a tím i ekonomie provozu a jednak možných vyšších teplot ve spotřebitelském okruhu v důsledku využití odpadního tepla motoru v chladicí vodě a ve spalínách pomocí výměníků zapojených v serii s kondenzátorem KTČ.

KTČ vyšších výkonů pro průmyslové využití se v tuzemsku nevyrábí, v zahraničí existuje cca 10 renomovaných výrobců.

Měrné investiční náklady na KTČ dle výrobce se pohybují pro vyšší topné výkony (nad 100 kW) v rozmezí cca 4 - 6 mil. Kč / MW topného výkonu.

Měrné investiční náklady na kompletní systém pro využití nízkopotenciálního tepla pomocí KTČ (teplosměnná plocha pro nízkopotenciální zdroj, přívod hnacího a vývod využitelného výkonu, úpravy na spotřebiči tepla a pod.) se dle složitosti pohybují v rozsahu cca 6 - 15 mil. Kč / MW topného výkonu.

3. Absorpční tepelná čerpadla (ATČ)

Absorpční tepelné čerpadlo je zařízení pracující na principu absorpčního chladicího okruhu. Teplo z nízkopotenciálního zdroje je přiváděno do výparníku, do generátoru je dodávána hnací tepelná energie na vyšší teplotní úrovni (pára, horká voda, spalování plynu). Z kondenzátoru a absorberu je odváděno využitelné teplo. Protože generátor a kondenzátor pracují s vysokým tlakem a výparník a absorber s nízkým tlakem jsou součástí ATČ též dva expanzní ventily a čerpadlo.

U ATČ se používá dvou pracovních látek, obvykle vodního roztoku čpavku nebo lithium bromidu. Vypařené chladivo proudí z generátoru do kondenzátoru, výparníku a absorberu. Hustý roztok z generátoru je v absorberu ředěn pohlcováním páry a dodáván zpět do generátoru.

Topný faktor ATČ je definován:

$$F = (Q_A + Q_K) / (Q_G + Q_E)$$

kde:

Q_A ... teplo odebírané z absorberu

Q_K ... teplo odebírané z kondenzátoru

Q_G ... teplo dodávané do generátoru

Q_E ... energie na pohon čerpadla

Rozsah možných teplot nízkopotenciálního zdroje a spotřebitelského okruhu je dán použitou dvojicí látek. Při použití roztoku čpavek - voda obvykle teplota nízkopotenciálního zdroje nepřesáhne cca 40°C a teplota spotřebitelského okruhu cca 70°C. V případě použití vodného roztoku bromidu lithného může být teplota nízkopotenciálního zdroje až 90°C a teplota spotřebitelského okruhu až 110°C.

Pro uvedené teplotní oblasti provozu ATČ se hodnota topného faktoru pohybuje v rozmezí cca 1,3 - 1,7.

V tuzemsku se ATČ nevyrábí, v zahraničí existuje cca 5 renomovaných výrobců.

Měrné investiční náklady na ATČ vyšších výkonů se dle výrobce pohybují v rozsahu cca 15 - 30 mil. Kč / MW topného výkonu.

Měrné investiční náklady na kompletní systém využití nízkopotenciálního tepla pomocí ATČ se dle složitosti pohybují v rozmezí cca 25 - 50 mil. Kč / MW topného výkonu.

4.Návrh instalace tepelného čerpadla

Základní logickou podmínkou z ekonomického hlediska pro nasazení tepelného čerpadla v průmyslovém provozu je existence spotřeby tepla pouze na vyšší teplotě než je teplota nízkopotenciálního zdroje odpadního tepla, tzn. nelze použít prosté rekuperace odpadního tepla na nižší teplotu, která je ekonomicky výhodnější v důsledku podstatně nižších investičních nákladů a navíc bez požadavku hnací energie.

Druhou podmínkou pro instalaci tepelného čerpadla je současná existence nízkopotenciálního (odpadního) i spotřebního tepla v určitých omezených teplotních oblastech podle možných pracovních oblastí tepelného čerpadla daných použitou pracovní látkou.

Všeobecně lze říci , že KTČ (s elektromotorem i plynovým motorem) lze nasadit na nízkopotenciální odpadní tepla do teploty cca 30 - 40 °C , zatímco ATČ lze aplikovat jak v této oblasti , tak i v teplotní oblasti odpadního tepla až do cca 90 °C. Limitní teplota ve spotřebitelském okruhu je v obvyklých instalacích KTČ cca 60°C, v případě ATČ až 110°C.

Výhoda ATČ v možnosti dodávky využitelného tepla na vyšších (v průmyslu lépe využitelných teplotních úrovních) je negována podstatně nižším topným faktorem a několikanásobně vyššími investičními náklady. Nízký topný faktor je částečně vyvážen u ATČ výhodou dodávky hnací energie ve formě tepla na rozdíl od KTČ ,kde je hnací energii nutno dodávat ve formě krouticího momentu.

Instalace tepelných čerpadel pro využití v průmyslových závodech je uvažována především do průmyslových technologií mezi zdroj technologického odpadního a spotřebiče ohřívacího tepla. Tyto instalace mají v porovnání s "klasickou" instalací TČ pro vytápění podstatně příznivější ekonomii provozu v důsledku vysokého počtu provozních hodin (proti sezónnímu vytápění) a příznivějšího topného faktoru následkem relativně vysoké teploty zdroje odpadní vody resp. vzduchu oproti nízké teplotě zdroje TČ při vytápění (půda, říční voda ,vzduch). Dalším pozitivním efektem průmyslové aplikace TČ je relativně konstantní požadovaný výkon což snižuje investiční náklady v důsledku provozu TČ na téměř konstantní výkon proti kolísání jejich výkonu při vytápění.

Při úvahách o instalaci TČ je nutno potenciální zdroje a spotřebiče tepla posuzovat též z hlediska vzájemných tepelných výkonů , to jest k danému zdroji odpadního tepla v určité teplotní oblasti a daného výkonu musí existovat též spotřebič nejen ve vhodné teplotní oblasti ,ale též odpovídajícího tepelného příkonu.

V naprosté většině případů je nízkopotenciálním zdrojem tepla pro TČ odpadní voda. Klíčovou otázkou při využití odpadní vody jako nízkopotenciálního zdroje je její kvalita. Voda protékající výparníkem nesmí obsahovat řasy, bakterie, suspendované a koloidní látky. Znečištění odpadních vod neodpovídá obvykle požadované kvalitě vody dle výrobců TČ. Proto je třeba každý případ realizace TČ posuzovat individuálně na základě chemického rozboru odpadní vody, z hlediska tvorby usazenin při změně teplot a mechanického zanášení. Vzhledem k tomu, že odpadní technologické vody obvykle před vypouštěním do kanalizace procházejí retenční nádrží je možno aplikovat vložený okruh výparníku TČ s upravenou vodou protékající vloženým výměníkem přímo ponořeným do retenční nádrže. Takto koncipovaná teplosměnná plocha je relativně dobře čistitelná při občasném vyjmutí z nádrže.

5.Základní údaje pro návrh tepelného čerpadla:

1/ Přehled zdrojů odpadního tepla a spotřebičů tepla o vyšší teplotě v závodě nebo v blízkosti závodu

- druh teplotního média
- harmonogram průtoku média
- teplota média
- trasa pohybu média, objem a poloha otevřených nádrží

2/ Volné prostory pro umístění TČ a možné trasy propojení se stávající potrubní sítí

3/ Stávající zdroj tepla

-účinnost

-výhřevnost paliva

-cena paliva

Solární energie

Základní specifikace

Využití energie slunečního záření prošlo v relativně krátké době intenzivním vývojem. Názory na provoz dosud realizovaných solárních systémů se pohybují od přeceňování až po skepsi z dosažených výsledků. Tento stav je velkou měrou ovlivněn též způsobem nevhodného navrhování solárních systémů pro dané provozní podmínky.

Návod pro aplikaci solárních systémů uvedený v této kapitole se týká především rozboru optimalizace návrhu solárního systému z hlediska dosažení co nejlepší ekonomie jeho provozu. Uvažovány jsou pouze systémy relativně jednoduché a prakticky odzkoušené t.j. systémy pro ohřev technologické nebo užitkové vody nebo vzduchu.

Nejsou tedy zmíněny systémy pro vytápění, které pro klimatické podmínky ČR mají podstatně horší ekonomii provozu v důsledku opačného časového výskytu maxima solární radiace a potřeby tepelného příkonu během roku.

Solární systém je tvořen plochou solárních jímačů, akumulátorem zachycené sol. energie, propojovacím potrubím s čerpadly resp. ventilátory a regulačním systémem. Akumulátor může být v některých případech nahrazen větším objemem sol. jímačů, v případě rovnoměrného odběru ohřívaného media nemusí být vůbec instalován.

Solární systémy pro ohřev vody lze koncipovat jako:

-jednookruhové (ohřívaná voda protéká přímo jímači sol. energie)

-dvouokruhové (primárním okruhem přes jímače cirkuluje nemrznoucí kapalina, která předává zachycenou sol. energii do ohřívané vody pomocí výměníku)

-akumulace tepla je zajištěna vodním zásobníkem

Solární systémy pro ohřev vzduchu

- jsou vždy koncipovány jako jednookruhové
- akumulace tepla je obvykle zajištěna zásobníkem plněným materiálem se vzduchovými průduchy t.j. např. šterkem a pod.

Jednookruhové systémy v případě ohřevu vody lze provozovat jen v období nadnulových teplot vzduchu, aby nedošlo k zamrznutí vody v solárních jímačích.

Dvouokruhové systémy s náplní primárního okruhu nemrznoucí kapalinou lze provozovat celoročně.

Solární jímače jsou:

- absorbery

jímače bez transparentního krytu, bez nebo s tepelnou izolací neozářeného povrchu, obvykle plochého, méně často válcového tvaru

- kolektory

jímače tvořené absorbery bez nebo s tepelnou izolací uloženými pod transparentním krytem, obvykle plochého tvaru s jedním skleněným krytem, méně často válcového tvaru s vloženým absorberem (trubka v trubce), ve výjimečných případech zajišťuje transparentní kryt fokusaci sol. radiace na absorber o menší ploše

Akumulátor tepla vyrovnává disproporci časovou i kvantitativní mezi požadovaným tepelným příkonem a obdobím se slunečním svitem. Volba vhodného způsobu akumulace a jeho objemu má značný vliv na dynamiku systému a tím účinnost a investiční náklady. Reálně lze uvažovat především vodní akumulátory (tlakové i beztlaké) případně u vzduchových systémů akumulátory s náplní tvořícím kanálky pro průchod vzduchu. Nevýhodou akumulátorů v solárních systémech pro ohřev vzduchu je, že mohou být provozovány buď v nabíjecím nebo vybíjecím režimu zatímco u vodních akumulátorů lze současně akumulátor dobíjet ze sol. systému i vybíjet do spotřebitelského okruhu.

Regulace sol. systému zajišťující spínání a vypínání chodu oběhového čerpadla je odvozena z porovnávání teplot media v jímačích a spodní části akumulátoru, u složitějších systémů navíc teplot v jednotlivých sekcích potrubí mezi jímači a akumulátorem.

Účinnost solárních jímačů

Tato účinnost je dána jako poměr tepelného výkonu odvedené z jímače a solární (radiační) energie dopadající na osvětlenou plochu jímače:

$$\eta = Q_0 / I_c \cdot F \quad (-)$$

$$Q_0 = m \cdot (t_2 - t_1) \cdot c$$

kde:	Q_0	- odvedený tepelný výkon	(kW)
	I_c	- intenzita solární radiace	(kW/m ²)
	F	- plocha sol. jímače	(m ²)
	m	- průtok media sol. jímačem	(kg / s)
	t_1	- vstupní teplota media	(°C)
	t_2	- výstupní teplota media	(°C)
	c	- měrná tepelná kapacita media	(kJ / kg . K)

Závislost účinnosti jímače na provozních podmínkách t.j. intenzitě sol. radiace, teplotě vzduchu a střední teplotě ohřívaného media závisující na měrném průtoku je dána křivkou účinnosti.

Pro zvýšení účinnosti jímačů pro dané provozní podmínky se používají konstrukční úpravy zajišťující snížení :

- konvekční ztráty

aplikací více transparentních krytů, vakuování prostoru mezi absorberem a transparentním krytem

- radiační ztráty

nanesením tzv. selektivní vrstvy na povrch absorberu pro snížení emisivity, nanesením průhledných vrstviček na vnitřní stranu transparentního krytu reflektujících tepelné záření zpět na absorber

Účinnost sol. systému je odvozena od účinnosti sol. jímačů a navíc je ovlivněna měrnou velikostí akumulátoru, způsobem regulace dodávky tepla z jímačů do akumulátoru a úrovní tepelné izolace akumulátoru a propojovacího potrubí.

Návrh a dimenzování solárního systému

Solární systém, který má zajistit dodávku zachycené solární energie do stávající tepelné sítě závodu, nesmí narušit provoz této sítě. Je proto nutné sol. systém, jehož tepelný výkon a časový průběh provozu je zcela závislý na předem neznámém průběhu intenzity solární radiace, připojit paralelně ke stávajícím rozvodům napájených z klasického zdroje tepla, aby sol. systém bylo možno připojit nebo odpojit od tohoto zdroje za běžného provozu.

Při navrhování způsobu zapojení a připojení solárního systému ke stávajícím rozvodům tepla je vhodné v maximální možné míře uplatnit stávající akumulátory, čerpadla, ventilátory a rozvody tak, aby byly co nejvíce minimalizovány investiční náklady.

Pro možnost návrhu solárního systému do podmínek konkrétního závodu je nutno definovat následující **základní údaje**:

- tepelný výkon klasického zdroje
- účinnost zdroje
- provozní doba zdroje
- harmonogram výroby tepla
- cena spalovaného paliva nebo energie
- ohřívané medium, harmonogram odběru
- schema zapojení a světlosti rozvodů ohřívaného media
- poloha a objem stávajících nádrží
- tlakové poměry v jednotlivých sekcích rozvodů
- ovládání a regulace systému
- sklon, velikost a orientace plochy pro umístění sol. jímačů
- stínění plochy okolními objekty v průběhu dne
- statická únosnost plochy
- přístup pro montáž a údržbu sol. jímačů
- trasa pro připojení sol. systému ke stávajícím rozvodům ohřívaného media
- prostor pro umístění akumulačních nádrží (nelze-li použít stávajících)
- prostor pro umístění příslušenství sol. systému (čerpadla, regulace, měření)

Ekonomicky zdůvodnitelná je instalace jednookruhového systému v důsledku jednoduchosti a nižší investiční náročnosti. Množství zachycené solární energie během provozu jen v období nadnulových teplot vzduchu v porovnání s dvouokruhovým systémem je jen nepodstatně nižší, cca 92%.

Dvouokruhový systém pracuje kromě toho s nižší účinností v důsledku teplotního spádu ve výměníku mezi primárním a spotřebitelským okruhem.

Při průmyslových aplikacích solárních systémů je především v případech ohřevu vyšších množství technologické vody možné velké jímací plochy realizovat pomocí levných jednoduchých velkoplošných beztlakých absorberů instalovaných přímo na střechy průmyslových hal s malým sklonem. Tím je dosaženo značné snížení investičních nákladů, které se příznivě projeví na ekonomii provozu takového solárního systému.

4. SYSTÉM A ŘEŠENÍ ZÁSOBOVÁNÍ ENERGIÍ JEDNOTLIVÝCH VYBRANÝCH OBJEKTŮ

4.1. Obytné budovy

U starých obytných domů je ještě možné se setkat s lokálním vytápěním. Je sice nejjednodušší a nejlacinější způsob vytápění jednotlivých místností, ale při vícepodlažních domech je pro obyvatele – v případě, že jsou užita kamna na pevná paliva, značně nepohodlný – donáška uhlí, vynášení popela a z toho vyplývající prašnost.

Proto v místě, kde je zaveden plyn, začaly se užívat plynové radiátory, WAW, nebo etážové vytápění.

Výjimečně také v případě dostatečně dimenzovaného elektrického rozvodu jsou užívány elektrické přímotopy.

Velmi výjimečně je možno se setkat i s teplovzdušným ústředním vytápěním.

Nízkotlaké parní vytápění se již nepoužívá pro nedostatečnou možnost centrální regulace dodávky tepla, i když jeho instalace je investičně značně levnější než při teplovodních systémech.

Vakuové parní vytápění se u nás nepoužívá (oproti USA, kde je značně rozšířeno) i když má hlavně u velkých budov svoje výhody. Podle vnější teploty se tlak páry mění v rozmezí 20 kPa až 110 kPa. Na vytvoření podtlaku se používá vakuové čerpadlo. Podtlak je proměnlivý – je tím menší,

čím je nižší venkovní teplota. Podmínkou správné funkce je dokonalá těsnost potrubního systému. Je však třeba podotknout, že problematické je nalezení případných netěsností, které je velice těžké najít.

V současné době se v naprosté většině užívá teplovodní ústřední vytápění. Dodávka tepla se do jednotlivých domů realizuje z vlastních kotelen, případně z blokových kotelen, či výměňkových stanic.

4.2. Kina

V hledišti kin je dnes takměř bez výjimky teplovzdušné topení, které současně slouží jako větrací zařízení. Ve větších kinech se navrhuje částečná nebo úplná klimatizace. Vytápěcí tělesa v hledišti nejsou účelná, zejména při teplovodním topení pro jejich velkou setrvačnost, protože se nemůžou přizpůsobit náhlým změnám tepelné zátěže.

Vytápěcí media

Pokud je kino ve víceúčelové budově, doporučuje se používat médium, které je k dispozici. Parní topení umožňuje rychlé zateplení a je pro kina výhodné. Při náhlém odstavení ventilátoru je však nebezpečí přetopení kotle, proto obsluha kotle musí podrobně poznat režim provozu pro každou venkovní teplotu. Odběr tepla se měří pomocí měřiče kondenzátu. Účelné je pokladnu, předsiň jako i WC vybavit samostatnými vytápěcími tělesy. Ve víceúčelové budově musíme počítat se samostatnou skupinou vytápěcích těles pro hlediště.

Chladící medium

Pro částečnou nebo úplnou klimatizaci musíme zabezpečit vhodné chladící medium. pro tento účel vyhovuje voda z městského vodovodu, jestliže její teplota nepřekročí 14°C. Poměrně vysoké náklady jsou na provoz, protože spotřeba vody je velká a mimo poplatků za vodu je třeba uhradit i stočné.

Studniční voda vyhovuje, jestliže její teplota v létě je 8 - 10 °C. Chladná voda po použití může být odvedená do kanalizace, přičemž se platí kanalizační poplatky, anebo se vrací do vsakové studně. Ve velkých kinech se doporučuje, aby se snížili provozní náklady na chlazení a zřídila se studna i přesto že jednorázová investice se zvýší.

Chladicí stroje se používají tehdy, když jiný zdroj chlazení není k dispozici. Celkové náklady na zařízení se tím podstatně zvýší. Je třeba si uvědomit i to, že i pro provoz chladících strojů je potřebná voda. Spotřeba vody je však podle vyhotovení chladícího stroje různá:

- chladicí voda pro kondenzátor se odebírá z vodovodu nebo ze studny. Spotřeba vody klesá oproti přímému chlazení vodou na 30 až 40 %, protože studená voda může být ohřátá na vyšší teplotu.

- když se chladicí voda vrací do cirkulačního chladiče, ve kterém se odpařením znovu zchladí, spotřeba vody začne klesat asi na 5 až 8 % množství vodou chlazeného kondenzátoru.

- když se použije odpařovací kondenzátor je spotřeba vody podobná jako při cirkulačním chlazení.

Větrání

Divadlo můžeme větrat různými způsoby. Všeobecně se může vzduch z jakéhokoliv místa přivést a správně ho rozdělit, pokud jsou výustky dobře vyřešené.

Aby se dosáhl důkladný větrací efekt, musí se použít přívodný a odvodný ventilátor. Oba dva stroje je nejvhodnější umístit v podzemním podlaží, čímž se obsluha velmi zjednoduší. Odvodní ventilátor se může za zvláštních okolností umístit na stropě nebo ve vedlejší místnosti, zároveň se vynasnažíme odstranit hluk ventilátoru. Tlumiče hluku v přívodním a odvodním vedení navrhujeme podle odborných propočtů.

Rozvody vzduchu upravíme tak, aby se větralo jen venkovním nebo míšeným vzduchem, resp. při zateplování použijeme jen cirkulační vzduch. odvodný ventilátor musí být upravený tak, aby odsátý vzduch vyháněl ven (úplné větrání), anebo vracel ho zpět (cirkulace). Na začátku provozu je v činnosti zařízení jen na cirkulovaný vzduch a podle osazení hlediště se nastaví potřebný větrací podíl čerstvého vzduchu.

Částečná nebo úplná klimatizace se v zásadě nerozlišuje, pokud jde o rozvod vzduchu od běžného větracího zařízení, rozdíl je jen ve způsobu úpravy vzduchu.

Každé větrací zařízení je možné doplnit na částečnou nebo úplnou klimatizaci, pokud to dovolí prostor strojovny. V divadlech, kde je povoleno kouřit, musí být přívod vzduchu zesponu, protože jinak tabákový kouř se dobře neodvede.

Množství vzduchu

Potřebné množství vzduchu pro vytápění a větrání se většinou stanoví z pohledu vzduchu, potřebného pro osobu na hodinu. Běžný podíl je 20 až 40 m³/hod. vyšší podíly jsou zbytečné, protože tím vznikají jen těžkosti s rozvodem vzduchu a příčiny průvanu. Odvodný ventilátor má mít o 15 až 20 % nižší výkon vzduchu jako přívodný. Zařízení bez odvodního ventilátoru se doporučují jen pro malá kina s méně než 200 sedadly. Odvodný vzduch v těchto případech odchází odvodnými kanály přes přetlakové žaluzie.

Spotřeba chladu

Teplota vzduchu v létě v chladném divadle nemůže zůstat konstantní 20°C nebo 21 °C, ale musí stoupat se zvyšující venkovní teplotou, protože při velmi schlazeném hledišti by nastalo nebezpečí prochladnutí návštěvníků. Tři hlavní zdroje tepla, které znepríjemňují pobyt v nechlazeném hledišti jsou:

- odevzdání tepla lidmi, asi 50 až 70 kcal/hod na osobu, podle teploty místnosti
- přechod tepla z venku přes stěny a strop
- přívod tepla větracím vzduchem z venku při vysokých venkovních teplotách.

Přesný výpočet teplotních poměrů v hledišti je velmi obtížný, protože vliv akumulčního tepla obvodových stěn a sálavého účinku slunce se nedá přesně stanovit. Můžeme však dosáhnout uspokojivých výsledků, když v nejnepříznivějších podmínkách přivedeme vzduch s teplotou $t_p = 16$ až 18 °C do hlediště (ne však odspodu). Takto se v hledišti vytvoří teplota, která je v hygienický příznivých mezích. Chladicí zátěž je potom při 50 % cirkulačního vzduchu + 32 °C max. venkovní teploty a 26 °C teploty v místnosti.

$$Q = VC (t_m - t_p) = V \cdot 0,3 \cdot (29 - 17) \approx \quad (\text{kcal/hod})$$

kde V je množství vzduchu (m³/hod)

$$t_m - \text{teplota smíšeného vzduchu} = \frac{32 + 26}{2} = 29 \text{ °C}$$

z tepelné zátěže lehce vypočítáme maximální spotřebu chladicí vody. Při ohřátí vody o Δt_v °C maximální množství chladicí vody je :

$$G = \frac{4 V}{\Delta t_v} \quad (\text{kg/hod})$$

Jak je např. Δt_v 4 °C, tehdy $G = 4 V/4$ (kg/hod)

Při chladících strojích pro současné odvlhčování vzduchu v létě je chladicí výkon vyšší a to asi

$$Q \cong 5 V \quad (\text{kcal/hod})$$

Každé teplovzdušné vytápění by mělo být vybavené automatickým regulátorem teploty a rozvodnou deskou, ze které by se ovládali ventilátory a mohla by se kontrolovat teplota přívodního vzduchu i z hlediště. Z rozvodné desky by se dále měl ovládat podíl čerstvého vzduchu na větrání podle potřeby.

Budovy pro kulturu

Divadla, kina, muzea, koncertní sály, výstavní prostory, atd. se vyznačují shromažďováním osob po omezenou dobu. Tepelnou zátěž tvoří především tepelná produkce osob a umělého osvětlení. Po dobu přítomnosti lidí je nutné zabezpečovat přívod čerstvého vzduchu (běžně 30 m³/h na osobu) a popřípadě požadované tepelně vlhkostní parametry interiéru (muzea, výstavy, atd.). Vzduchotechnika většinou slouží také k rychlému zátoku před příchodem osob.

Navržená vzduchotechnická zařízení by měla splňovat následující požadavky :

- proměnlivý podíl cirkulačního vzduchu (v době bez osob 100%)
- nízká rychlost proudění vzduchu v oblasti pobytu lidí (maximálně 0,2 m/s z důvodu prašnosti)
- samostatná zařízení pro jeviště divadel, velká orchestřiště, promítací kabiny, šatny umělců, televizní a rozhlasová studia, atd.
- při chlazení využití akumulace chladu
- udržení relativní vlhkosti vzduchu nad 30% (při respektování produkce vlhkosti osob)

4.3. Historické budovy

Všeobecně

Pro většinu starých památkových budov je velmi obtížné vypočítat bezchybné vytápěcí zařízení. Podle jejich poslání vznikají různé příčiny těžkostí:

- a) vytápění se vyžaduje jen občas
- b) budova obsahuje místnosti s různou provozní potřebou, jako jsou muzea, výstavní síně, kostely apod.
- c) tyto budovy mají zpravidla mimořádně masivní zdi, takže pohoda prostředí podložená výpočtem se nedá dosáhnout; musí se proto určit postup vytápění
- d) vytápěcí tělesa z architektonických důvodů musí být schovaná

Teploty

Ve většině těchto budov, jako např. v muzeích, obrazárnách, výstavních sálech, kostelech apod. stačí vnitřní teplota + 12 °C, protože si návštěvníci neodkládají svrchní oděv. Ve skutečnosti není v celém prostoru teplota stejná, ale mění se podle druhu vytápěcího zařízení. Když se mají prostory využívat i na koncerty, musí se vnitřní teplota zvýšit na 16 °C - 18 °C.

Vytápěcí systémy

Lokální vytápění kachlovými kamny na uhlí, koks nebo dřevo přichází do úvahy jen pro malé prostory.

Rovnoměrné rozdělení tepla se přirozeně nedá dosáhnout.

Teplotovzdušné vytápění kachlovými kamny platí opět jen pro malé prostory.

Plynové ohřivače jsou nevýhodné ohledně těžkostí s odvodem spalin.

Elektrické kachlové kamna vyžadují vysoké provozní náklady.

Výhodnější jsou akumulční kachlová kamna na noční proud.

Podlahové vytápění (kostely) tkví v tom, že pod nožný rošt se vkládá elektrické vytápěcí těleso případně parní had, aby alespoň nohy byly v teple. Spotřeba energie na běžný metr je cca 0,3 až 0,5 kW. Pokud je to možné, použijte se nízké povrchové teploty. Předností je nízká regulace, nevýhodou jsou vysoké příkony elektrické energie a provozní náklady, dále nevyhnutelné průvany zapříčiněné chladnými proudy vzduchu z venkovních stěn, když nejsou na obvodě vytápěcí tělesa.

Plynové sálavé vytápění infrazářičemi ve výšce 4 až 8 m dává okamžité sálavé teplo při uvedení do provozu, které při nepříliš nízkých venkovních teplotách vystačí. Nevýhody: nevkusný vzhled vytápěcích těles, těžkosti s umístěním zářičů, s odvodem spalin, nerovnoměrné rozdělení teplot (studené nohy).

Elektrické sálavé tělesa odstraní část těchto nevýhod.

Teplovzdušné vytápění na způsob kachlového topení. Na ohřívání vzduchu se používají teplovzdušné kachle, postavené v suterénním prostoru, okolo kterých proudí vzduch od ventilátoru, odstátý z místností. V malých prostorech je možné teplovzdušné vytápění i bez použití ventilátoru (gravitačně). Vzduch se rozděluje kanály pod podlahou z kterých vstupuje do prostoru na vhodných místech. Vodorovné výustky v podlahách musíme podle možností vyloučit, protože kanály se lehce znečistí. Kanály volíme co nejkratší, tepelně izolované s tlumiči hluku. Přívodní teplota vzduchu $< 55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Namísto uhlových kachlových kamen může se vzduch ohřívát i pomocí parního nebo teplovodního ohříváče, když je k dispozici kotel. Vhodné je, že pro vedlejší místnosti se mohou použít lokálně vytápěcí tělesa. V některých prostorách je nebezpečí zamrznutí.

Teplovzdušné vytápění se může vykonávat pomocí plynu nebo oleje. V cizině je velmi rozšířené. Vedlejší místnosti se vytápějí lokálními tělesy. Předností teplovzdušného vytápění je rychlé vytápění, čistý provoz a lehká regulace.

Ústřední vytápění s vytápěcími tělesy parou nebo teplou vodou je pro předmětné účely zřídka, protože vytápěcí tělesa porušují architekturu. Vytápěcí systém může lehce zamrznout zejména při teplovodním systému. Účelný je jen při trvale používaných budovách.

Spotřeba paliva

Spotřeba paliva závisí od mnohých faktorů, zejména od počtu vytápěcích dní trvání provozu, teploty místností, tepelné neprodušnosti budovy apod.

Volba systému

Správná volba způsobu vytápění závisí na různých okolnostech, jako jsou ceny paliva, investiční náklady, druhu stavby, podsklepení, možnosti umístění komína, tvaru půdorysu apod. při volbě systému nejsou závazné směrnice, takže volba závisí na zkušenosti odborníka při aplikování uvedených pokynů.

4.4. Administrativní budovy

Všeobecně

Pojmem administrativní budovy rozumíme také objekty, které se skládají také z kancelářských místností průmyslových závodů, úřadů, bank, obchodů, pošt, dopravních organizací apod. do této skupiny patří i vstupní haly, zasedací místnosti, garáže, závodní kuchyně bufety apod. podle povahy budov sem patří i různé speciální místnosti např.:

v bankách - trezory, haly

v průmyslu - výstavní místnosti, haly

v obchodě - sklady.

Nyní popíšeme vytápěcí systém, společný pro všechny budovy - popis vytápění speciálních místností budou uvedeny v samostatných podkapitolách.

Vytápěcí systémy

Dvoutrubkové teplovodní vytápění je nejrozšířenějším systémem pro administrativní budovy. Rovnoměrně rozdělené teplo ve všech místnostech, jednoduchá ústřední regulace tepla se změnou teploty vytápěné vody podle venkovní teploty vzduchu dávají dobrý předpoklad na dosažení pohody prostředí. Když výkon všech vytápěcích těles budovy není rovnoměrný, ale podléhá různým časovým a místním vlivům, vytápěcí tělesa se stejnou charakteristikou odběru tepla musíme propojit do vlastní skupiny na rozdělovači. Tyto skupiny jsou vytvořené např. podle orientace místnosti k světovým stranám, různá křídla budovy, části budov s rozděleným provozem, dále skupiny větrání a teplovzdučných vytápění, byt domovníka apod., případně chodby a sociální zařízení. Každá tato skupina místností je napojená na přívodní rozdělovač samostatnou větví, takže teplota každé skupiny může být samostatně regulována.

Oběhové čerpadla jsou poháněné elektromotory. Každá čerpadlová jednotka má mít rezervu (náhradní čerpadlo). Aby bylo možné při přerušení elektrického proudu temperovat a aby se kotle nepřehřály, zařízení se opatří obtokem čerpadel a zpětnými klapkami. Na spalování tuhého, kapalného nebo plynného paliva se používají většinou kotle teplovodní.

Někdy se však používají i kotle parní, když je pára používána i pro jiné účely, např. vaření, větrání apod. teplá voda pro vytápění se získá ve výměnících tepla (voda-pára)

Teplota vytápěcí vody pro menší budovy je u starších zařízeních 90/70 °C, při novějších na 92,5/67,5 °C, u velkých budov je 110/70 °C.

Expanzní nádoba musí při 110 °C přírodní teploty ležet 5 m nad nejvýše položeným vytápěcím tělesem nebo spotřebičem. Když to není možné, může se použít uzavřená expanzní nádoba s vícestupňovou pojistnou smyčkou, nebo se jen vytápí jen předposlední poschodí na 110 °C, zatím co nejvyšší poschodí se vytápí přes výměník na 90 °C. výškové stavby se vybavují někdy i jednorourovým systémem (je lacinější) avšak s horší regulací. Nízkotlakové parní vytápění v běžném vyhotovení nevyhovuje pro vytápění administrativních budov, protože centrální regulace je obtížná, vzniká časté přehřátí, čímž se zvyšuje spotřeba paliva.

Vakuové vytápění je naproti tomu v zahraničí, zejména v USA, velmi rozšířené. Vytápěcí teplota se určí podle venkovní teploty a reguluje se zvyšováním nebo snižováním podtlaku. Tlak páry je proměnlivý v mezích 20,2 až 1,1 kPa/cm²

Vakuové vytápění je výhodné zejména pro napojení na dálkový rozvod tepla. Klimatizační zařízení pro administrativní budovy se nyní co nejvíce uplatňují zejména ve výškových budovách s velkým prosklením, ve kterých se zejména v letních měsících musí chladit sálaví účinek slunce.

Vytápěcí tělesa

Běžným vybavením jsou litinové nebo ocelové radiátory pod okny, upevněné na konzolech, nožičkách a držácích. Používají se dvouregulační ventily nebo kohouty.

Konvektory - u nás vyvinuté T022 a T025 - uplatňují se nejvíce u výškových budov. Podmínka je lehká čistitelnost. Výhody: malá materiálová spotřeba, malá váha, malý obsah vody, vyšší provozní tlaky.

Plošná vytápěcí tělesa se vyskytují jako stropní, stěnové nebo podlahové sálavé plochy. Hlavní předností je jejich neviditelnost. Při stropním vytápění existuje několik konstrukční OH systémů na uložení vytápěcích rour. Výhodné jsou také systémy, které mají malou setrvačnost. V cizině jsou rozšířené zejména "Stramax, Frenger, Thermax"

V kancelářích se stropním vytápěním se doporučují používat ještě dodatkové vytápěcí plochy po okny, aby se zabránilo proudění studeného vzduchu z okenní plochy. Stropní vytápění je možné v létě využít jako chladicí zařízení - když se nechá v rourách proudit studená voda. Účinek je však poměrně malý. Nevýhodou jsou značně vysoké investiční náklady, jako i možnost stížená přestavby příček v případě potřebných stavebních změn.

Sálavé panely a rourové hady jsou uloženy před stěnami v podřadných místnostech jako např. v garážích, skladech, archivech apod. naproti tomu podokenní sálavé panely jsou velmi dobrým avšak drahým řešením.

Teplovzdušné vytápění vyhovuje zejména pro vstupní prostory, dále vyhovuje také pro prostory, kde je třeba větrat, protože mohou dodávat čerství vzduch, vhodné jsou zasedací místnosti.

Kotle a strojovna

Kotle používáme litinové nebo ocelové poloautomatické resp. automatické na spalování tuhého, kapalného nebo plynného paliva. Oproti kotelní výstavbě je podstatně jednodušší řešení, když se vytápění napojí na veřejnou tepelnou síť.

Ve strojovně jsou postavené přívodní a vratné rozdělovače, na které ústí jednotlivé vytápěcí skupiny, oběhová čerpadla vytápěcí vody, protiproudové přístroje a rozvodná deska s příslušnými ovládacími a kontrolními přístroji. Pro rozsáhlejší zařízení by neměla chybět dálková kontrola teplot místností.

Příprava teplé užitkové vody

Na přípravu teplé užitkové vody se používají především bojler, protože při přípravě TUV teplota vytápěné vody nemá klesnout níže než 70 °C, v přechodném období pro vytápěcí účely se musí snížit její teplota přimíšením vratné vody.

V létě je třeba na přípravu TUV počítat s menším kotlem s přiměřeným výkonem. Když je v budově větší větrací zařízení, je výhodné napojit ho na tento kotel, čímž se umožní při chladnějším počasí vzduch temperovat, aby se zabránilo průvanům.

Dimenzování větracích a klimatizačních zařízení

Větrací zařízení musí především zajišťovat vhodné hygienické podmínky pro pobyt osob či technologické procesy. Klimatizační zařízení navíc vyrovnává v zimě tepelné ztráty a v létě tepelnou a vlhkostní zátěž.

Podkladem pro stanovení průtoku čerstvého vzduchu je některý z následujících způsobů, který je pro daný prostor rozhodující :

– dávky vzduchu na osobu či zařízení nebo předepsaná výměna vzduchu

- tepelná bilance
- bilance škodlivin
- bilance vlhkosti
- místně odsávaný průtok vzduchu

Větrání

Ve většině administrativních budov vyhovuje pro jednotlivé kanceláře přirozené větrání. Nucené větrání nebo klimatizace (na základě výpočtu tepelné zátěže) se navrhuje pro velkoprostorové kanceláře, banky a luxusnější firemní sídla.

Vzduchotechnika zajišťuje 2 a 3 násobnou výměnu vzduchu v kancelářích a pro letní období bývá doplněna o systém chlazení s možností individuální regulace (VRV systémy, SPLIT systémy, apod.).

4.5. Nemocnice

Všeobecně

Vytápěcí zařízení v nemocnicích se musí navrhovat z hlediska potřeby tepelné energie, protože kromě vytápění je potřebné přibližně stejné množství tepla pro hospodářské a léčebné účely a na přípravu teplé užitkové vody. Při navrhování vytápěcích zařízení je ztěžována skutečnost, že pro různé účely jsou potřebné i různé teploty jako např.:

kuchyň - pára 50 kPa

hladící lis - pára 600 kPa

lékařské přístroje - pára 100 - 250 kPa

pro vytápění proměnlivá teplota vody apod.

Když náklady na výrobu tepla v nemocnicích tvoří pozoruhodnou sumu asi 5 % celkových provozních nákladů nemocnice, musí se brát velký důraz na hospodářské řešení jeho výroby a dopravy. Naopak zařízení musí vyhovovat všem technickým a hygienickým požadavkům.

Rozdělení nemocnic

- podle druhu stavby: pavilonové a mnohablokové
- podle velikosti: malé asi do 100 lůžek, do 500 lůžek a nad 500 lůžek
- podle účelu: všeobecné a speciální

Kotle a kotelny

V malých nemocnicích

Pro vytápění je možné použít litinové nebo ocelové kotle, pro přípravu TUV v létě podle uvážení. Hospodářské spotřebiče (kuchyň, prádelna) se ohřívají plynem nebo elektřinou. Sterilizace se provádí elektricky. Palivo: tuhé, kapalně nebo plynné.

Střední nemocnice

Teplu potřebné pro vytápění a hospodářské účely je nejvhodnější vyrobit v ústřední kotelně, což umožňuje různé uspořádání. Palivo tuhé, kapalně nebo plynné.

Nízkotlaké parní kotle

Pára se dodává pro kuchyň a prádelnu. Vytápí se teplou vodou 92,5/67,5 °C přes výměníky tepla. Sterilizace se vykonává elektricky. Výhodou je, že se používá jen jeden druh kotlů. Další výhodou je jednoduchá obsluha a malá rezerva v kotlích.

Tepl vodní kotle

pro vytápění a nízkotlaké parní kotle pro hospodářské účely.

Dva různé typy kotlů ztěžují provoz protože na kotlích je větší rezerva. Pára se dodává pro kuchyň, prádelnu a pro ostatní vhodné spotřebiče. Teplá voda se použije pro vytápěcí účely všech prostor z části pro radiátorové a z části pro sálavé vytápění. V létě se používá jen parní vytápění pro hospodářské účely. Operační sály jsou zásobované teplem přes výměníky.

Velké nemocnice

Velké nemocnice vyžadují důkladné zhodnocení způsobu zásobování teplem pro jejich vysokou a velmi kolísavou spotřebu tepla, hlavně pokud jde o volbu velikosti kotlů a druhu paliva.

Palivo: použije se podle druhu kotlů - nejméně hodnotné je hnědé uhlí. Ve strojovně jsou umístěné různé rozdělovače, čerpadla, výměníky tepla, rozvodné desky atd. použít v maximální

míře automatiku, měřící a kontrolní přístroje, jako jsou teploměry, tlakoměry, vlhkoměry, tahoměry, analyzátory kouřových plynů, dálkové měření tepla apod.

Rozvod tepla

Při tepelných rozvodech z kotelny musíme dbát na to, že tepelná spotřeba různých spotřebičů časově a místně značně kolísá. Vytápění se vyžaduje jen v zimě, mimo operačních sálů, koupelen, rentgenů, kde i v létě v chladném počasí se musí přitápět. Hospodářské spotřebiče naopak potřebují teplo celoročně s denním nebo hodinovým výkonem spotřeby. Při rozvodu tepla, páry, TUV a vytápěcí vody ve velkých nemocnicích jsou různé možnosti.

Při parních vysokotlakových zařízeních

se k jednotlivým budovám vede jedno parní a jedno kondenzační vedení. Každá budova je potom vybavena jednou podružnou (vedlejší) stanicí s parním rozdělovačem, výměníkem pro teplou vytápěcí vodu a zásobníkem pro přípravu TUV. Budovy, které musí mít i v létě vytápění, jsou vybavené menším odděleným parním rozvodem. Nevýhodou jsou velké tepelné ztráty na rozvodech a odvodech kondenzátu jako i údržbové náklady.,

Při parních vysokotlakových zařízeních menšího rozsahu může být v kotelně umístěná i ústřední příprava TUV jako i výměníková stanice pro vytápěcí vodu. Ke každé budově je potom vedený přívodní a vratný rozvod vytápěcí vody s cirkulačním vedením. Hospodářské budovy mají potom vlastní parní rozvod.

Při horkovodních rozvodech

s třítrubkovým systémem jsou dvě přívodní vedení, a to jedno s proměnlivou teplotou pro vytápění, druhé se stálou teplotou pro přípravu TUV a hospodářské účely mají společné vratné vedení. Pára pro kuchyň a prádelnu se vyrobí ve výměnících. Když není společné vratné vedení vytvoří se čtyřtrubkový systém: dvě přívodní vedení pro vytápění a hospodářské účely a dvě vratné vedení.

Při menších zařízeních se může TUV připravit centrálně. Takto dostaneme pětitrubkový systém: jedno přívodní vedení na vytápění a hospodářské účely, jedno vedení pro TUV a jedno vedení pro cirkulaci TUV.

Horkovodní šestitrubkové rozvody mají:

2 vedení s proměnlivou teplotou centrálně regulovanou pro vytápěcí systémy

2 vedení s neproměnlivou teplotou pro hospodářské účely

2 vedení pro dálkové zásobování TUV včetně cirkulace

Tento systém je přirozeně velmi drahý, vyžaduje velké údržbové náklady a má velké tepelné ztráty. Šestitrubkové rozvody se používají velmi zřídka.

Vytápěcí systémy

Teplovodní vytápění

Teplovodní vytápění se spádem teploty 92,5/67,5 °C se spodním rozvodem je nejobvyklejším systémem vytápění pro všechny druhy místností. Poskytuje mírné příjemné teplo. Má skupinové dělení vytápěcích těles pro různě situované místnosti, chodby a WC. Pohodlná regulace přívodní teploty přimícháním vratné vody. Stoupačky jsou uloženy v zazděných rýhách. U nás se však používá jen pro menší zdravotnické stavby a adaptace. Střední a větší zdravotní zařízení jsou vybavené sálavým vytápěním.

Parní nízkotlaké vytápění

Parní nízkotlaké vytápění pro vytápění místností se už skoro nepoužívá a to z důvodů špatné regulace, která zapříčiňuje časté přetápění, nehygienicky vysoké povrchové teploty topných těles a hlučnost.

Vakuové vytápění

Vakuové vytápění poskytuje z hlediska pohody prostředí a regulovatelnosti podobné zařízení jako teplovodní, při kterém se vakuum mění venkovní teplotou a tím i teplota páry. U nás se však velice málo používá.

Vytápěcí tělesa

Radiátory zejména u starších zařízeních jsou běžnými vytápěcími tělesy vesměs pro všechny místnosti. Jsou většinou umístěny pod okny.

Plochy vytápěné na způsob stropního sálavého vytápění jsou mimořádně výhodné pro nemocnice, protože tělesa jsou neviditelná a proudění vzduchu je podstatně menší než při

radiátorech. Aby se zabránilo proudění studeného vzduchu z okenních ploch, dává se pod okna vytápěcí plocha nebo panel. Náklady jsou však asi o 30 % vyšší než při radiátorovém vytápění. *Sálavé panely* jsou pro svoji bezprašnost velmi výhodné pro nemocnice. Konvektory pro poměrně intenzivní proudění vzduchu jsou nevhodné z hygienických důvodů a toto platí i o trubkových hadech.

Teplovzdušné vytápění nepřichází pro nemocnice do úvahy, protože teplota v jednotlivých místnostech se špatně reguluje. Používá se jen v souvislosti s větráním v zasedacích místnostech nebo posluchárnách.

Spotřeba tepla

Celková tepelná spotřeba nemocnice závisí na mnohých faktorech, takže není k dispozici přesný a spolehlivý ukazatel.

Přibližné průměrné spotřeby tepla jsou uvedeny v následující tabulce :

Spotřeba tepla	max. potřeba kW / lůžko	hodin zarok hod / rok	roční spotřeba MWh / lůžko	denní spotřeba kWh / lůžko	procento spotřeby %
topení	2,3 - 4	2000	5 - 8	14 - 22	30 - 34
větrání a klimatizace	2 - 12	1200 - 3200	7 - 14	18 - 39	42 - 43
TUV	1 - 2	2000	2 - 4	5,5 - 11	9 - 12
”hospodářská” spotřeba a ztráty	2,5 - 5	1000	2,5 - 5	7 - 14	14 - 16
Celkem	7,8 - 23		16,5 - 31	44,5 - 86	100

Největší hospodářskou spotřebou je spotřeba kuchyně, prádelny, sterilizace a desinfekce.

Přibližná denní spotřeba TUV (o teplotě 55 °C) je ve středních nemocnicích cca 80 – 120 l / lůžko. Největší spotřebiče jsou lůžková oddělení, prádelny a kuchyně.

Přibližnou roční spotřebu elektrické energie lze uvažovat v rozmezí 4 – 7 MWh / lůžko. Největšími spotřebiči jsou klimatizační zařízení – ty spotřebovávají cca 25 – 30 % celkové spotřeby. Jinak je elektrická energie spotřebovávána lékařskými přístroji, ventilátory, čerpadly, osvětlením a ostatními technickými zařízení budov.

Operační trakty

Operační oddělení se obvykle skládají z dvou operačních sálů, jedné mezi nimi ležící sterilizační místností, dále přípravný, umývárny, odpočívárny a anestézie. Pro operační sály se vyžaduje velká čistota, takže je vhodné sálavé vytápění.

Mimo vytápěcí stropní plochy se vyžaduje ještě vytápěcí plocha pod okny na zabránění průvanu od oken. Mimo toho se ještě nařizuje pro všechny místnosti operačního sálu větrací zařízení s vlhčením nebo s klimatizací na vytvoření vyhovujícího pracovního prostředí namáhavé práce lékařů, asistentů a sester. Vytápění a větrání musí být k dispozici i v létě, takže zařízení jsou napojená na letní vytápění. Vytápění se může nahradit klimatizací.

Teplota na operačních sálech se nareguluje podle požadavků lékaře na 20 - 25 °C. V létě můžeme vytápěcí hady v stropě využít na chlazení, takže cirkulační voda je v protiproudovém výměníku chlazená studniční vodou, vodou z vodovodu nebo strojním chlazením. Účinný efekt je však malý.

Porodnice

Sem patří porodní sály, přípravný, místnost pro zákroky a inkubátory pro předčasně narozené děti. Nejvhodnější je sálavé stropní vytápění jako v operačních sálech. Dodatkové variace zařízení nebo klimatizace je nutná.

Lůžková oddělení

Vytápí se teplovodními radiátory, lepší je však stropní sálavé vytápění. Konvektory jsou z hygienických důvodů méně účelné. Dodatkové variace nebo klimatizace je výhodná.

Větrání - zdravotnická zařízení

Nemocnice a další zdravotnická zařízení se dnes řadí k energeticky nejnáročnějším budovám z hlediska doby provozu (nonstop), rozsahu vzduchotechnických zařízení (větrání; klimatizace - vytápění, chlazení, vlhčení; odsávání, atd.), náročných požadavků na parametry interiéru (čisté prostory, sterilizace, operační sály, atd.) a provozu a údržby.

Prostory jsou rozděleny na speciální pracoviště (operační sály, porodnice, rentgeny, laboratoře, atd.) a pomocné provozy (kuchyně, jídelny, sterilizace, prádelny, atd.). Optimální vnitřní tepelně vlhkostní mikroklima je zajišťováno komfortní klimatizací dle požadavku na

parametry interiéru pro každé pracoviště. Lůžková část zdravotnického zařízení se běžně neklimatizuje.

Především je nutné dbát na : provoz pokud možno bez cirkulačního vzduchu, umístění sání (3m nad terénem) a výfuku vzduchu (na střeše, 20m od nasávacích otvorů), navrhování přetlaku a podtlaku v místnostech, požadovaný stupeň filtrace vzduchu, vhodný způsob zvlhčování, kvalitní údržbu všech zařízení a vhodný způsob proudění vzduchu.

Teploty interiéru se v prostorách zdravotnických zařízení optimálně mají pohybovat od 19 do 26 °C, relativní vlhkost od 35 do 60 %, minimální přívod čerstvého vzduchu 15 až 30 m³h⁻¹m⁻² a minimální výměna vzduchu 3 až 15 h⁻¹.

4.6. Sportovní stavby

Ve sportovních budovách by neměly být hromadné sprchy u vnějších stěn, neměla by být u nich navrhována okna. Pokud je nutné okna navrhnout, pak je třeba uplatnit zvýšené nároky (trojnásobné zasklení). Parapety oken musí být řešeny tak, aby odváděly stékající kondenzát bez porušení okolí okenní konstrukce.

Při navrhování bazénových hal je třeba dodržet následující zásady :

- a) u oken a vnějších dveří navrhovat teplovzdušné clony s vodorovnými rozvody ve vzdálenosti výustek 2 - 2,5 m při zasklení dvojskly a 4,0 m vzdálenými při zasklení trojskly,
- b) prosklené obvodové stěny řešit tak, že mezi dvojsklem umístěným u vnějšího líce a jednoduchým sklem uvnitř se navrhne vzduchová mezera větraná teplým suchým vzduchem,
- c) pro obvodové stěny a střechy se doporučuje navrhovat speciální konstrukce, které respektují vyloučení teplených mostů, s nenasákovými vnitřními povrchy a pod. Při použití dřeva se doporučuje dřevo borové a okapnice z tvrdého dřeva.

Konstrukce prosklené musí být řešeny tak, aby odolávaly stékání kondenzátu po vnitřním povrchu.

- d) střešní konstrukce se zásadně doporučuje řešit jako dvouplášťové v případě potřeby i s nucenou výměnou vzduchu ve větrané vzduchové vrstvě.

Sauny

Sauny a prohřívárny se doporučuje umístit do středu dispozice a bez oken. Do stěnových i střešních konstrukcí není třeba navrhovat parotěsné vrstvy.

Zimní stadiony

Střešní konstrukce zimních stadionů je třeba navrhnout tak, aby spolu s ventilačním systémem byla vyloučena tvorba mlhy v prostoru stadionu a vznik krápníkového efektu. Výpočtově je třeba prověřit, zda na vnitřním povrchu střechy nevzniká povrchová kondenzace. Výskyt krápníkového efektu je možné v období duben až říjen vyloučit pomocí teplovzdušných clon. Pro zabránění vzniku krápníkového efektu se doporučuje :

- a) zvýšit vypočtený tepelný odpor stanovený na základě stavu vnitřního a vnějšího prostředí o 30 %,
- b) dodržet minimální vzdálenost střechy od středu ledové plochy podle vztahu

$$r = 20 \times (A_i)^{1/2}$$

kde :

r je poloměr kružnice vepsané do řezu budovy se středem uprostřed ledové plochy (m)

A_i je relativní pohltivost vnitřního povrchu (-)

Výstavní budovy

Výstavní prostory je třeba řešit tak, aby byla zajištěna potřebná tepelná a vlhkostní stabilita stavu vnitřního prostředí. Kolísání teploty a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu vychází z náročnosti vystavovaných předmětů. Doporučuje se nenavrhovat velké prosklené plochy, a lehké obvodové konstrukce. Tepelnou stabilitu místnosti je třeba navrhnout ve smyslu ČSN 06 0220. Vlhkostní stabilitu je třeba zabezpečit vhodným návrhem ventilačního systému.

Sportovní objekty

Vzduchotechnikou je nutno zajistit odlišné požadavky na hlediště a sportovní plochu. Pro sportovce je běžně vhodná teplota v oblasti jejich pobytu cca 15 až 18 °C, pro diváky v hledišti 20 až 26 °C (pro zimní sporty nižší). Dávky čerstvého vzduchu se pohybují v rozmezí od 25 do 50 m³/h na osobu při výměně vzduchu 2 až 8 h⁻¹. Rychlost proudění vzduchu v oblasti pobytu osob by měla být maximálně 0,2 m/s. Pro větrání zázemí sportovních objektů se navrhuje samostatná vzduchotechnická zařízení. V zimním období a při menším počtu diváků se z úsporných důvodů využívá většího podílu cirkulačního vzduchu při současném zajištění minimálního průtoku čerstvého vzduchu.

Lázně a plovárny

Samostatným bodem je vzduchotechnika krytých plaveckých bazénů, u kterých je vhodné oddělení prostoru bazénu a hlediště (tepelně vlhkostní požadavky na interiér se velmi liší). Běžná požadovaná teplota v interiéru je 25 až 28 °C při relativní vlhkosti v zimě 50 až 60% a v létě 60 až 70%. Rychlost proudění oblasti pobytu plavců se má pohybovat kolem hodnoty 0,1 m/s. Pro stanovení průtoku vzduchu je rozhodující bilance produkce vlhkosti. Distribuce vzduchu by měla zamezit kondenzaci vodních par na prosklených konstrukcích a negativním ochlazovací účinkům okolních ploch. Hospodárné je využívat odpadní teplo vhodným systémem zpětného získávání tepla. Prostory sprch je třeba větrat teplým vzduchem (40 až 50 °C) při průtoku vzduchu v zimě 220 m³/h a v létě 100 m³/h na jednu sprchu.

V léčebných lázních je požadovaná teplota vzduchu o 4 až 10 K vyšší.

4.7. Školské budovy

V základních školách je nutno v učebnách zajistit účinné větrání buď přirozeným způsobem otíráním oken nebo větráním s nuceným přívodem a odvodem vzduchu při orientaci oken do nevhodného venkovního prostředí (rušná a prašná ulice, apod.). Požadovaná dávka čerstvého vzduchu na jednoho žáka je v létě 20 až 30 m³/h a v zimě 10 až 18 m³/h. Nucené větrání je potřeba zajistit ve speciálních učebnách a laboratořích. Hygienická zařízení mají být větrána nuceně podtlakově. Doporučuje se nucené větrání ve sborovně a tělocvičně a jejím zázemí.

V mateřských školách a jeslích platí obdobné požadavky na větrání jako v učebnách pro žáky. Požadovaná výměna vzduchu v hernách a denních místnostech je 2 až 3 h⁻¹.

4.8. Obchodní domy

Obchodní domy jsou charakterizovány z hlediska vzduchotechniky rozsáhlými prostory, odlišnými požadavky na prodejní, skladovací a administrativní plochy, proměnlivým počtem zákazníků, tepelnou a chladicí zátěží od vnitřních zdrojů.

V obchodních domech je nutno zajistit kvalitní podmínky pro skladování a prodej zboží, dále optimální mikroklima pro pracovníky, kteří jsou trvale v provozu, pro zákazníky z hlediska krátkodobého pobytu a optimálního přechodu z exteriéru do interiéru.

Běžné požadavky na prodejní prostory :

prodejní prostory	t_i	φ_i
Prodejny (kromě potravin)	20 ÷ 25 °C	40 ÷ 55 %
Potravinny (kromě masa)	18 ÷ 23 °C	50 ÷ 60 %
Maso a masné výrobky	16 ÷ 18 °C	65 ÷ 75 %

Výměna vzduchu v obchodních domech se pohybuje od 2 do 20 (h^{-1}), hustota obsazení osobami od 0,1 až do 6 (osob / 10 m^2).

4.9. Ubytovací zařízení

Na pokoje v ubytovací zařízení (hotely, penziony, ubytovny, apod.) jsou kladeny obdobné požadavky jako na byty. Špičkové hotely jsou vybaveny navíc chladícím zařízením. Větrání pokojů musí být odděleno od vzduchotechniky pro ostatní prostory ubytovacích zařízení (kuchyně, restaurace, bary, sklady, klubovny, atd.).

Úsporný provoz lze zajistit jen systémem, který je schopen individuálně regulovat parametry v jednotlivých pokojích nebo aspoň v sekcích dle jejich obsazenosti. Na pokojích je běžný požadavek čerstvého vzduchu 6 m^3/h na metr čtvereční podlahové plochy, na chodbách postačí 3 m^3/h na metr čtvereční podlahové plochy.

4.10. Zvláštní místnosti a technické vybavení budov

Zasedací místnosti

Zasedací místnosti jsou vybavené běžnými vytápěcími tělesy, ale doporučuje se při nečastém použití místnosti výkon dimenzovat jen na +12 až 15 oC vnitřní teploty. Chybějící teplota se doplní teplým vzduchem, protože se předpokládá teplovzdušné větrání nebo klimatizace. Takovým to opatřením se současně zabrání přetopení místnosti.

Vstupní haly

Moderní administrativní budovy, pokud tyto nemohou být vytápěny radiátory pro zasklené stěny bez parapetu, jsou vybavené teplovzdušným vytápěním. Vstup teplého vzduchu musí směřovat před okenní plochy nebo se pod okenními plochami odsává studený vzduch. hlavní vstup má být účelně připojený na teplovzdušné vytápění. Při velkých vchodech se používají vzdušné clony.

Stropní nebo podlahové topení se velice často upřednostňuje z architektonických důvodů, avšak samotné podlahové vytápění zpravidla nestačí krýt tepelné ztráty.

Jídelny

Jídelny jsou vybavené radiátory a teplovzdušným větráním nebo klimatizací.

Skladové prostory

Aby se dosáhlo úspory na investicích, skladové prostory mají být vybavené jednoduššími vytápěcími tělesy nebo trubkovými hady.

Trezory

Trezory se umísťují vždy do suterénu. Jsou většinou obestavěné masivními obvodovými zdmi, okolo kterých obíhá kontrolní chodba. Tepelná potřeba je nepatrná a může být zabezpečena elektrickými vytápěcími tělesy, které se používají i v létě. I když prostor je téměř vzduchotěsný u větších trezorech musí být i větrací zařízení, které se vhodně spojí s teplovzdušným vytápěním. Přívod a odvod vzduchu je speciálně upravený přes hadovitě zakroucené ocelové trubky s ocelovými deskami na obou stranách. Výměna vzduchu je nízká

cca 22 - 3 násobná za hodinu. V letním období se používají elektrické ohřívače vzduchu nebo ohřívače napojené na letní kotel, v zimě připojené na ústřední vytápění.

4.10.1. Prádelny

Energetický audit technologie prádelny zahrnuje zjištění spotřeby elektrické a tepelné energie. V nákladech na energii mohou být zahrnuty i náklady na vodu.

Platí stejné obecné zásady energetického auditu, které již byly uvedeny.

Principiální schéma technologického procesu prádelny se skládá ze tří částí a to:

- samotné praní, při němž se ohřívá prací voda a spotřebovává elektřina pro pohon praček
- sušení prádla se spotřebou tepelné a elektrické energie
- žehlení se spotřebou tepelné a elektrické energie

Většinou bývá největší položkou spotřeby energie spotřeba tepla.

Teplu pro prádelenskou technologii se používá zásadně ve formě páry a to zejména pro procesy sušení a žehlení, kde je nutno pracovat s teplotami vysoko nad 100°C.

Proces praní

Prací proces probíhá za různé teploty podle druhu prádla. Ohřev prací lázně je prováděn směřováním topné páry s prací vodou, t.j. plným využitím tepelné energie páry až do zchlazení vzniklého kondenzátu na teplotu prací lázně. Energetické medium (pára) se v procesu spotřebovává a tato spotřeba musí být nahrazena nově upravenou vodou pro kotelnu. Pro potřebu praní je plně dostačující tlak páry 0,5 MPa, měrná spotřeba páry cca 1 kg/ kg prádla, t.j. měrná spotřeba tepla cca 2,7 MJ/kg prádla.

Proces sušení

Proces sušení má dvě fáze:

1. odvodnění (odstředivky nebo lisy) t.j. bez spotřeby tepla
vlhkost prádla se sníží na cca 50%
2. sušení horkým vzduchem t.j. se spotřebou tepla
vlhkost prádla se sníží na cca 5% až 0%

Horký vzduch pro sušení se získává ohřevem vzduchu parou ve výměníku, kde vzduch se prohání trubkami ventilátorem a pára kondenzuje v trubkách a vzduch ohřívá. Pro dostatečně intenzivní sušení je nutná teplota vzduchu alespoň 120°C (lépe 130°C).

K tomu je třeba tlak páry 0,6 - 0,8 MPa. Měrná spotřeba páry cca 1,4 kg/kg prádla, t.j. měrná spotřeba tepla cca 3,8 MJ/kg prádla.

Při ohřevu vzduchu nedochází k podchlazení kondenzátu z topné páry, odcházející kondenzát je na teplotě varu při tlaku 0,6-0,8 MPa. Vroucí kondenzát bývá zdrojem velkých tepelných ztrát v tepelném hospodářství prádelny.

Proces žehlení

Pro žehlení, při kterém je požadována desinfekce, je potřebná teplota 170-180°C. Tomu odpovídá tlak páry až 1,3 Mpa. Měrná spotřeba páry pro žehlení je cca 1,2 kg/kg prádla, t.j. měrná spotřeba tepla cca 3,2 MJ/kg prádla.

Žehlicí stroje rovněž nevychlazují kondenzát z topné páry, který má ještě vyšší teplotu než kondenzát ze sušení (vyšší tlak). Pro tepelné hospodářství to má stejné důsledky - vroucí kondenzát - zdroj tepelných ztrát.

Bilance tepla v provozu prádelny je díky problému s nedostatečným vychlazením kondenzátu nevyrovnaná. Potřeba vysokopotenciálního tepla v podobě páry pro sušení a žehlení je zdrojem velkého množství odpadního tepla kondenzátu, které nenachází využití v technologickém procesu. Bez dalšího odběru tepla na nízké úrovni (pod 100°C) vznikají nevyhnutelně ztráty únikem páry do ovzduší.

Elektrická energie

Spotřeba elektřiny pro technologický proces prádelny je rozložena do množství spotřebičů, mezi nimiž převažují elektrické pohony, avšak vyskytuje se určitý podíl tepelných spotřebičů v úseku žehlení (elektrické žehliče a žehličky, nezbytné pro část výkonů při žehlení některých druhů prádla.

Pro zjištění denního průběhu odběru elektřiny v prádelně při energetickém auditu je vhodné provést zvláštní měření s grafickým záznamem průběhu odběru.

Případné špičky odběru elektřiny, zjištěné v denní době, kdy je podmínkami dodávky stanoven vyšší tarif je možno organizačním opatřením vyloučit (přesunout některé odběry do jiné denní doby).

Ostatní energie

Prádelenská technologie je obvykle vybavena pneumatickým ovládním. K tomu je potřebný suchý stačený vzduch obvykle o tlaku 0,6 MPa. Spotřeba stlačeného vzduchu je relativně malá (řádově desítky m³ za hodinu). Přesto je nebezpečí, že náklady na stlačený vzduch mohou být značné, neboť kompresory a síť rozvodu stlačeného vzduchu bývá z hlediska péče údržby zanedbávána. Stlačený vzduch jako neškodná energie na mnoha místech uniká a velmi často se s ním špatně hospodaří. Je nutno mít na paměti, že tato energie se získává z energie elektrické a měrná spotřeba elektřiny je řádově 100 kWh na 1000 m³ vzduchu. Cena jednotky energie (např. 1 kWh) ve stlačeném vzduchu je nejvyšší ze všech forem energie.

Do kategorie energií je možno počítat i vodu. Spotřeba vody v prádelně je velká (řádově dvacet litrů na 1 kg prádla). S náklady na vodu souvisí dále náklady na vypouštění odpadních vod.

Energetický audit prádelny

Pro energetický audit prádelny platí obecné zásady provádění energetického auditu, t.j. potřeba zjistit dosavadní stav odběru obou forem energie co nejpřesněji a shromáždit podrobné údaje o všech spotřebičích energie. Spotřebu energie převést na finanční vyjádření, t.j. na náklady na energii.

Analýza technologického procesu musí odhalit, kde je největší podíl spotřeby energie a jaký je potenciál úspor. Potenciál úspor je nutno hledat i v položkách vytápění, vzduchotechniky, osvětlení a dalších.

Ocenění potenciálu úspor, návrh energeticky úsporných opatření a návratnost investic do úspor energie

Jak bylo již výše uvedeno, je nutno očekávat v prádelnách výskyt tepelných ztrát ve výši 5 - 10 % tepelné energie dodávané do procesu.

Auditem je nutno případ od případu odhalovat možnosti snížení těchto ztrát a navrhnout účelná energeticky úsporná opatření.

Osvědčené třídění energeticky úsporných opatření na beznákladová, nízkonákladová a vysokonákladová je opodstatněné i pro prádelny.

Návratnost jednotlivých opatření se vyčíslí podílem mezi investičními náklady (nutno ocenit) a dosaženými úsporami. Návratnost je nutno hodnotit případ od případu.

U investičních opatření je třeba brát v úvahu způsob financování. Při investování z vlastních zdrojů může být ještě přijatelná prostá doba návratnosti do 5 let, při investování z cizích zdrojů je žádoucí návratnost kratší (poskytovatel cizího zdroje úrokovou sazbou úvěru určí hranici přijatelnosti délky návratnosti vložených nákladů).

4.10.2. Kuchyně

Optimalizace užití energie v provozu kuchyní je zvláště významné pro školy, nemocnice, budovy různých institucí výroby jídel a restaurace.

Vývoj zařízení pro kuchyně zaznamenal v poslední době velké zlepšení v mnoha směrech včetně snížení spotřeby energie.

Personál v kuchyních musí s ohledem na rostoucí ceny energie uvažovat při své práci i o tom, jak využít energii ,co nejefektivněji. Energetický manažer (energetik) jim k tomu musí pomáhat. Například tím, že jim vysvětlí, kdy je během pracovního dne nejvhodnější doba pro odběr energie a kdy naopak je žádoucí odběr omezovat. To proto, že mnozí lidé si myslí, že nejlepší hospodaření s energií znamená spotřebič vypnout. Ve skutečnosti však je třeba jej vypnout v pravý čas.

Podmínkou pro řízení odběru energie u kuchyňského zařízení je, že zařízení je vybaveno regulací pro nastavení teploty pro každou operaci a pro snížení teploty v pracovních přestávkách. Rovněž je důležité používat správné nádoby pro každou pracovní operaci při vaření. Spotřeba energie kuchyňského zařízení je velmi silně ovlivněna podmínkami a návyky při jeho používání. Úspor energie je možno někdy dosáhnout změnou pracovního postupu a k tomu může pomoci přeškolení kuchyňského personálu.

V zařízení pro kuchyně je široký sortiment typů a velikostí, který umožňuje optimálně vybavit každou kuchyň podle velikosti a specifických požadavků. Kuchaři jsou odborníci na vaření, ale v otázce energetické efektivity zařízení by měli využívat spolupráce s energetickým manažerem (energetikem).

Energetický management kuchyňského zařízení

Principy a techniky energetického hospodaření při provozu kuchyňského zařízení jsou:

- *Předehřev pouze toho kuchyňského zařízení nebo části, které bude použito*
- *Předehřev zařízení bezprostředně před použitím*

Pro aplikaci tohoto principu je nutno znát potřebné časy pro předehřátí jednotlivých kuchyňských zařízení, protože každé z nich potřebuje jinou dobu (například některé smažicí pánve potřebují 4¹/₂ minuty, některé 5 a některé až 6 minut).

- *Snížení teploty nebo vypnutí zařízení při přestávkách během dne*

Přestávkou během dne se rozumí zejména přestávka po vaření obědů, před vařením večeří. Je známo, že polovinu spotřeby elektřiny u smažicích pánví představuje udržování na teplotě cca 90°C a také že doba, potřebná pro ohřev z 90 na cca 160°C je u malých smažicích pánví jen cca 2 minuty. Když má kuchař několik smažicích pánví, jedna může být zapnutá a udržovaná na teplotě cca 90°C a ostatní mohou být vypnuté. Totéž platí i pro další kuchyňská zařízení (grily, sporáky, trouby).

- *Užití plného výkonu (kapacity) zařízení pokud je to možné*

Vařením s využitím plné kapacity kuchyňského zařízení se rozumí vaření na plný výkon v každé fázi vaření. Je tím také míněno vaření v jednom kuse jeden výkon za druhým. Tím se předchází ztrátám energie během vaření udržováním části kuchyňského zařízení na provozní teplotě. Znamená to vypínat a znovu zapínat zařízení co nejdříve jak je to možné, aby prodlevy, kdy zařízení vychládá byly co nejkratší.

- *Volba správné velikosti zařízení pro každou kuchařskou zakázku (činnost)*
- *Užívat kuchyňské zařízení podle návodu výrobce*

Pravděpodobně největší ztráty energie při vaření vznikají při nesprávném použití zařízení. Efektivní přestup tepla z horkých ploten a sporáků do hrnců a pánví zaručují pouze těžká masivní dna použitých nádob.

- *Udržovat kuchyňské zařízení v dobrém stavu*
- *Čištěním kuchyňského zařízení předcházet energetickým ztrátám*

Nejnižší spotřeba energie u kuchyňského zařízení je když je zařízení čisté. Znečištění, vzniklé při vaření (rozlité nebo ukápnuté skvrny od jídla) je nutno ihned odstraňovat, protože na plotnách a hořácích zhoršují přestup tepla a připalováním způsobují nepříjemné produkty v ovzduší. Velmi důležité je čistit otvory a mřížky pro průchod vzduchu například v horkovzdušných troubách.

Čištění je nejlépe provádět dříve než zařízení vychladne (za teploty cca 90°C), aby nebyla nutná dodatečná spotřeba energie na čištění.

Dobré hospodaření při užívání chladicího zařízení

Chladničky a mrazicí boxy mají mnohem větší provozní časové využití, než ostatní kuchyňské zařízení. Dobré hospodaření je založeno na těchto zásadách:

- *Těsnění dveří musí být v pořádku (čisté a dobře přiléhající)*

Pro posouzení stavu těsnění dveří chladničky nebo mrazicího boxu se používá zkouška papírkem, který se vloží mezi těsnění a rám dveří. Jestliže papírek dobře drží přitlačen těsněním, je těsnění v pořádku. Tato zkouška se musí udělat kolem dokola celých dveří. Jestliže papírek drží špatně, je nutno těsnění vyměnit. Těsnění musí být dobře ošetřováno a udržováno v čistotě.

- *Chlazené a mražené potraviny musí být ukládány do chladniček a mrazicích boxů ihned po dodání*
- *Nesmí se tam dávat horká jídla*
- *Dveře se nesmí otevírat často a nechávat je dlouho otevřené*

Co nejkratší doba otevření dveří chladničky je důležitá nejen pro omezení úniku chladného vzduchu, ale též pro omezení vniknutí teplého a vlhkého vzduchu dovnitř a tím omezení vzniku námrazy na výparníku. K minimalizaci otevírání dveří přispívá dobrá příprava jídel, ukládaných

do chladničky. Jídla by měla být dobře zabalena a označena pro rychlou identifikaci při pozdějším vyjímání. Pro minimalizaci času při manipulaci je vhodné mít vedle ledničky stůl, na kterém se balíčky připraví. Pro rychlé vyjímání je rovněž důležité, aby bylo v pořádku vnitřní osvětlení v chladničce.

- *Udržovat výparníkové plochy čisté bez námrazy*

Námraza na výparníku působí jako izolace proti prostupu tepla z chlazeného prostoru do chladiva. Zvětšuje se teplotní spád a zvyšuje se kompresní práce chladicího kompresoru. U chladniček a mrazicích boxů, které nemají automatické odmrazování je nutno námrazu odstraňovat jakmile dosáhne tloušťky 6 milimetrů. Nejdůležitější je předcházení vzniku námrazy zejména ochranou uskladněných potravin před vysycháním řádným nepropustným obalem.

- *Rovněž kondenzátory udržovat čisté, odstraňovat prach, nezakrývat, aby se neomezovalo proudění vzduchu (dokonalá cirkulace vzduchu je mimořádně důležitá pro řádný provoz*

Trubky kondenzátoru jsou přirozeným lapačem prachu. Stejně jako námraza na výparníku, tak nánosy prachu na kondenzátoru zhoršují přestup tepla a snižují účinnost chladicího zařízení. Prach z povrchu kondenzátoru se musí odstraňovat. Není dobré ho smetat na zem, protože se rozvíří a část se znovu nacytá na kondenzátor. Pro toto čištění je nutno zdůrazňovat potřebu použití vysavače.

- *Neumísťovat chladicí zařízení do horkého prostředí*

Ve většině kuchyní je vzduch teplý a vlhký. Umístění chladniček a mrazicích boxů přímo v kuchyni je nevhodné. Při jejich umístění v separátní místnosti je nutno zajistit cirkulaci vzduchu pro odvod odpadního tepla produkovaného kondenzátory.

- *Zajišťovat dobrou údržbu a opravy zařízení*

U kuchyňského zařízení je potřebná stálá běžná údržba, zejména včasné odstraňování malých drobných závad a ošetřování zařízení podle provozních předpisů výrobců.

Jedná se o napínání řemenů u řemenových převodů, výměnu řemenů, výměnu žárovek v signálních lampičkách termostatů, osvětlení v troubách a mnoho dalších podobných úkonů běžné údržby, které bývají velmi často zanedbávány.

Vzduchotechnika v kuchyních

Vzduchotechnické zařízení je pro kuchyně důležité pro odvod spalin z plynových hořáků, páry, pachů z potravin a tepla, které se vyvíjí při provozu kuchyňského zařízení. Hygienické předpisy vyžadují při projektu nové kuchyně vždy též projekt vzduchotechniky.

Přesto velmi často vzduchotechnické zařízení v kuchyních není provozováno a nebo z různých důvodů neplní dobře svůj účel.

Provoz kuchyně bývá různě intenzivní a vzduchotechnika je dimenzována pro provoz na plnou kapacitu. Při částečném provozu kuchyně by provoz vzduchotechnického zařízení na plný výkon byl neekonomický, proto u velkých vzduchotechnických zařízení bývá více ventilátorů a nebo má jeden velký ventilátor možnost změny výkonu obvykle změnou otáček (dvourychlostí nebo i třírychlostní ventilátor).

Pro energeticky úsporné využívání kuchyňské vzduchotechniky platí několik základních zásad:

- *Provozovat vzduchotechniku pouze na takový výkon, který odpovídá provozu kuchyně a vývinu páry a plynů*

K tomu je třeba správně seřadit vzduchotechnické rozvody tak, aby odtah plynů a par a přívod čerstvého vzduchu byl nejintenzivnější v místech, kde je to potřebné z hlediska rozmístění kuchyňského zařízení a provozních praktik v kuchyni. Toto seřízení je nejlépe provést praktickým vyzkoušením za normálního provozu. Pokud je přívod vzduchu proveden jako nucený, t.j. pomocí ventilátoru, měl by být provoz vzduchového ventilátoru elektricky spřažen s provozem odsávacího ventilátoru.

- *Dvourychlostí nebo třírychlostní ventilátory provozovat vždy na tu nejnižší rychlost, která ještě stačí na odsávání páry a plynů při příslušné intenzitě provozu kuchyně*

Mnoho vzduchotechnických zařízení s jediným ventilátorem nemá tento ventilátor dvourychlostní nebo třírychlostní. V těchto případech je vždy účelné zvážit zda by nebylo ekonomické ventilátor vyměnit (porovnat náklady na výměnu ventilátoru s dosavadními provozními náklady). Výměnou ventilátoru by mohlo být dosaženo významných úspor na ohřevu a chlazení vzduchu.

- *Vypínat vzduchotechniku ihned jakmile její funkce není nutná*

- *Včas čistit filtry aby byl stále zajištěn dostatečný průtok vzduchu. Tím jsou současně motory ventilátorů chráněny před přetížením.*

Pokud je ve vzduchotechnickém systému zařazen lapač tuku, není s čištěním filtrů problém kromě každodenního vyprazdňování malé spodní nádržky zachyceného tuku. Výrobci těchto lapačů tuku uvádějí, že nahromaděné smetí, prach a tuk stačí odstraňovat pouze dvakrát ročně.

Při použití normálních filtrů (u starších instalací), musí se filtry čistit často. Je to sice jednoduchá operace ale špinavá práce. Filtry se musejí vyjmout a vyprat ve vodě se saponátem. Četnost praní závisí na charakteru provozu kuchyně a bývá to jednou za měsíc, ale někdy i jednou týdně.

Stravovací zařízení

Jedná se především o větrání kuchyní a jídelen. Pro kuchyně je typická velká produkce tepla od technologie, produkce vodní páry a pachů. Hrozí nebezpečí kondenzace vodních par a s tím související výskyt mikroorganismů. Doporučená maximální výpočtová teplota v interiéru se volí cca 28 °C při relativní vlhkosti cca 70 %.

Menší kuchyně je vhodné větrat přirozeně (s doplňujícím místním odsáváním nad varnými plochami), střední a velké kuchyně je třeba větrat nuceně (přívod i odvod vzduchu). Provoz se volí bez cirkulačního vzduchu. K odvodu se volí akumulární zákryty v blízkosti vzniku škodlivin. K zachycení mastnot je nutno do odváděcích prvků vložit lapače tuků, zamezit odkapávání mastnot a dodržovat pravidelné čištění vložek. Elektromotory ventilátorů je potřeba umístit mimo proud odváděného vzduchu. Výměna vzduchu se u kuchyní pohybuje od 6 do 30 (h^{-1}).

Pro jídelny je rozhodující tepelná produkce lidí, jídel a osvětlení. Množství přiváděného vzduchu se pohybuje od 30 do 120 m^3/h na osobu. Doporučuje se prostory jídelen klimatizovat a zařízení navrhovat tak, aby bylo možné zmenšit objemový průtok vzduchu nebo využít cirkulace v době s menší návštěvností.

4.10.3. Technické vybavení budov

V rámci energetického auditu takového typu objektu jako je např. hotel, nemocnice, ústav sociální péče a podobně, je audit kuchyně a prádelny součástí energetického auditu celku, který má charakter budovy (nebo skupiny budov), vybavené technickým zařízením. Do souboru technického zařízení budov zcela logicky patří výtah stejně jako např. otopná soustava budovy, elektroinstalace atd. Kuchyň a prádelna jsou však určité technologické celky, které mohou být od budovy odděleny, nebo mohou mít svou vlastní samostatnou budovu, proto budou témata energetického auditu kuchyně a prádelny popsána každé v samostatné kapitole, aby bylo zřejmé, že jejich energetické audity mohou v některých případech být zcela samostatné.

Výtah

Výtah je neoddelitelnou součástí technického zařízení budovy, pokud je výtahem vybavena.

Z hlediska spotřeby energie je výtah zařízením s elektrickým pohonem a energetický audit se bude zabývat zejména spotřebou elektrické energie pro pohon. Spotřeba elektřiny pro pohon výtahu bude zahrnuta do celkové spotřeby elektřiny v budově a tím i do energetických nákladů budovy.

Při analýze dosavadní spotřeby energie pro provoz výtahu je nutno nejprve analyzovat účel výtahu pro provoz budovy (zjistit a prakticky ověřit způsob využití výtahu - všechny typy výkonů, které jsou výtahem vykonávány, t.j. doprava osob, doprava nákladů, využití pro údržbu budovy,.....). Zjistit denní provozní režim výtahu za 24 hodin všedního dne, soboty, neděle. Zjistit provozní režim znamená zjistit začátek provozu na počátku pracovního dne, tempo nárůstu intenzity provozu, čas maximální intenzity provozu (provozní špičku), trvání největší intenzity provozu, využití nosnosti výtahu a využití celé dráhy mezi dolní a horní stanicí výtahu a řadu dalších detailních informací o časovém a výkonovém využití výtahu. Zjištění všech potřebných údajů obvykle vyžaduje provést několik opakovaných celodenních sledování (průzkumů) provozu výtahu. Pro dokonalé dokreslení informace o provozu výtahu je velmi užitečné provedení měření s registračním záznamem odběru elektrické energie hnacího elektromotoru výtahového stroje. Tím se současně přesně zjistí i spotřeba energie. Získá se diagram četnosti zapínání a vypínání výtahového stroje, velikost odebíraného výkonu a časový průběh odběru elektrické energie.

Z hlediska spotřeby elektřiny hnacího elektromotoru výtahového stroje jsou důležité ještě následující okolnosti:

- *Kvalita dodávky elektrické energie, která může být dobrá i méně dobrá v těchto ukazatelích:*
 - úroveň kolísání napětí
 - kvalita sinusového průběhu proudu (přítomnost vyšších harmonických kmitočtů)
- *Správné dimenzování elektromotoru*
 - předdimenzování je stejně nežádoucí jako poddimenzování
- *Správné dimenzování elektrického přívodu*
- *Účinník elektrické sítě v budově*
- *Správně navržené a provedené jištění proti přetížení*
- *Kolísání zatížení motoru*
 - závisí nejen na druhu poháněného strojního zařízení a charakteru jeho provozu, ale i na četnosti spouštění a způsobu spouštění
- *Řízení zatížení, t.j. způsob regulace*
- *Přenos mechanické energie na poháněný stroj*
 - spojky
 - převody (převodovky, řemenové převody, řetězové převody)
- *Údržba elektrického pohonu*
 - mazání
 - periodické prohlídky (revize)
 - čištění a vnější podmínky (provozní podmínky jako teplota, vlhkost, prašnost,..)

Po úplném objasnění všech otázek kolem provozu výtahu jak je výše uvedeno, všech podmínek provozu hnacího elektromotoru je možno provést analýzu spotřeby energie a ocenit potenciál úspor energie. Předtím je ještě nutno zjistit všechny důležité technické informace o elektrickém pohonu výtahu pro budoucí návrhy technických opatření.

Podle typu výtahu a výtahového stroje je nutno doplnit řadu dalších údajů a to pro každý případ zvlášť. Důležité je doplnění o popis řízení výtahu z hlediska technologie ovládání elektromotoru.

Analýzou zjištěných údajů je nutno zjistit zejména výkonové a časové využití pohonu, t.j. jaký je průměrný příkon elektromotoru v porovnání s jeho jmenovitým výkonem a kolik

provozních hodin odpracuje denně, týdně, měsíčně a ročně. Z této analýzy vyplynou další otázky, jejichž postupným objasňováním vyplynou závěry o potenciálu úspor energie a možných energeticky úsporných opatřeních.

Úsporná opatření a jejich ekonomické hodnocení

U výtahů mohou přicházet v úvahu dva typy energeticky úsporných opatření:

- organizační opatření v provozu a způsobu využívání výtahu s cílem uříznutí a nebo přesunutí špičky v odběru elektrické energie
- technické opatření ke snížení odběru elektřiny při provozu výtahu

U samotného elektromotoru existují dvě základní technická opatření a to převinutí a nebo výměna motoru (za motor s nižším příkonem a nebo za energeticky úspornější motor).

Organizační opatření

musí vyplynout z analýzy konkrétní situace. Typická opatření jsou např. omezení provozu v době energetické špičky, kdy je užito vyššího tarifu elektřiny, změna organizace práce (například posun pracovní doby), přemístění některých činností do jiného podlaží, zjednodušení pracovní činnosti (snížení potřeby činnosti výtahu) a podobně a rovněž zdokonalení údržby. Je nutno velmi důkladně analyzovat místní poměry jak z hlediska provozu budovy a prováděných činností, tak z hlediska zacházení s výtahem a jeho údržbou.

K návrhu organizačních opatření je nutno vždy přizvat pracovníky uživatele a všechny poznatky z analýzy, směřující k návrhu opatření s nimi konzultovat.

Naproti tomu pro technická opatření (změny na výtahovém stroji, výměna nebo úprava elektromotoru) je v zásadě jen několik možností. Je nutno mít na paměti, že u výtahů jde o zařízení podléhající technickému dozoru z hlediska bezpečnosti provozu. Všechny technické změny zejména na výtahovém stroji podléhají schválení technickou inspekcí.

U elektromotorů jsou možné tři varianty technických opatření:

Převinutí

Převinutí je z hlediska počátečních nákladů poměrně ekonomickým procesem, proto je velmi rozšířené, avšak pouze pro větší motory (výkon nad cca 10 kW). U standardních motorů s výkonem nižším než 10 kW bývá obvykle levnější nahradit je energeticky účinnými motory než je převíjet.

Při úvahách o tom, zda je převíjení v daném případě výhodnou variantou, je důležité uvážit dvě klíčová ekonomická kritéria. Prvním kritériem je rozdíl v nákladech mezi převíjením a nákupem nového EEM a druhým kritériem je riziko, že efekt převinutí z hlediska účinnosti motoru by nemusel naplnit očekávání uživatele. To může nastat v případě, že motor měl již před svojí rekonstrukcí určitou vadu, kterou se během opravy nepodařilo odhalit a opravit, nebo v důsledku poškození motoru způsobeného samotnou opravou.

Vliv převíjení na technický stav motoru:

výsledkem převíjení může být teoreticky motor, který dosahuje stejné účinnosti jako v dobách, kdy sjel z výrobní linky. V praxi však často dochází k snížení účinnosti motoru v důsledku pracovních postupů, jaké se při převíjení obvykle používají - díky tomu se nižší náklady převinutí oproti koupi nového motoru potenciálně stávají špatnou investicí.

Existuje řada možností, jak může během převíjení dojít k poškození motoru. Z toho důvodu je důležité, aby se uživatelé seznámili s metodami převíjení, které budou použity při rekonstrukci jejich motoru, a kritérii hodnocení nezbytnými pro vyřazení poškozených motorů.

Náklady na převíjení závisí na rozsahu opravy a na místních sazbách ceny práce. Nejjednodušší varianta této operace je situace, kdy se pouze vymění vinutí motoru. U většiny převíjení je třeba nainstalovat nová ložiska.

Výměna motoru za energeticky efektivní motor (EEM)

Výměna se může provést buď v případě poruchy dosavadního motoru, který se spálil, nebo jako modernizační nahrazení fungujícího motoru standardního typu. Příslušné náklady pro finanční analýzu závisí na typu instalace. Při nákupu nového motoru představují přírůstkové náklady energeticky účinného motoru ve srovnání se standardním modelem hodnotu, s níž se bude počítat v příslušných výpočtech. V případech, kdy je účinný motor nainstalován jako náhrada za spálený motor (místo převíjení), jsou skutečné náklady na zlepšení účinnosti

nákladovým rozdílem mezi převinutím starého motoru a nákupem nového účinného motoru. V situacích, kdy je EEM nainstalován v rámci modernizace, zahrnují náklady na zvýšení účinnosti plnou kupní cenu nového účinného motoru a práci na nahrazení starého motoru a montáž nového.

Výměna motoru za motor nižšího výkonu

Nahrazení velkého motoru menším bývá z nákladového hlediska efektivní tehdy, pracuje-li motor při zatížení nižším než 40%. Když motor pracuje při tak nízkém zatížení, bude mít investice zaměřená na nahrazení velkého motoru menším poměrně dobrou míru návratnosti. Přispěje k ní kombinace úspor energie vyplývající z odstranění snížené účinnosti při nízkém zatížení a potenciálních úspor kapitálových nákladů plynoucích z použití menšího motoru. I v tomto případě existuje určitá mez výkonu motoru, odkud se nevyplatí starý motor převíjet, ale nahradit novým (cca 10 kW).

Nahrazení velkého motoru menším, pokud tento pracuje při vyšším zatížení než 40%, však nemusí být vždycky nákladově efektivní vzhledem k tomu, že náklady na instalování nového motoru včetně úprav uložení (základu pod motorem), spojky a příp.i elektrického jištění spolu s nižší účinností vyplývající z obecně nižší účinnosti menšího motoru, převyšují přínos ze záměny motorů. Vzhledem k tomu, že velké motory vykazují ve srovnání s malými modely lepší účinnost při nízkém zatížení, představuje 40% hranice pouze obecné vodítko. Rozhodnutí o nahrazení velkého motoru motorem menším je třeba zhodnotit zvlášť pro každý konkrétní případ.

Úspory energie

Množství energie uspořené energeticky účinným motorem závisí na účinnosti EEM ve srovnání s účinností standardního modelu, který je tímto energeticky účinným motorem nahrazen, na velikosti zatížení a na počtu hodin, kdy je stroj v provozu. Hodnoty účinností je nutno zjistit z technických podkladů dodavatele nového motoru a z provozních dokladů dosavadního provozu. Přitom je nutno vždy srovnávat hodnoty vzájemně srovnatelné. Obvykle se uvažují technické parametry pro 75% zatížení. Ve většině případů zřejmě uživatel aktuální hodnotu zatížení svého motoru nebude znát. Pokud je však toto zatížení známé, je nutno uvažovat srovnatelné budoucí zatížení nového motoru.

Odhad nákladu, přínosu a prosté doby návratnosti investice

Provede se zcela běžným způsobem: Investiční náklady/Roční úspora nákladů = Návratnost

Investiční náklady se zjistí z ceníku elektromotorů příslušného výrobce a připočtou se náklady na instalaci (buď odhadnuté, nebo zjištěné kalkulací jsou-li k tomu podklady).

Roční úspora nákladů se vypočte porovnáním dosavadního a předpokládaného nového stavu.