2 DIMENZOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ PRO OHŘEV VODY PODLE ČSN 06 0320

2.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY PRO NAVRHOVÁNÍ

Okamžitý potřebný tepelný výkon pro ohřev vody se stanoví podle určujících výtoků. V případě, kdy je znám skutečný průběh odběru TV, dimenzuje se zařízení podle tohoto průběhu. Při navrhování a výpočtu dimenzí rozvodů TV uvnitř objektů se postupuje podle ČSN 73 6655 a podle ČSN 73 6660.
Veškeré výpočty vycházejí z předpokládané teploty studené vody θ_1 = 10 °C a z teploty TV před výtokovou armaturou θ_2 = 55 °C. Při jiných teplotách je nutné informativní údaje v tabulkách korigovat.
Ve výpočtech se používají některé termíny jako:

- určující výtok – výtok s největším objemem dávky z výtoku, které mohou být současně v daném místě (bytě) v provozu. Určujících výtoků může být v provozní jednotce (v bytě) více,
- perioda ohřevu a odběru TV – doba, při které se ohřev a odběr TV periodicky opakuje, např. pro bytový objekt se volí 24 h, pro ostatní stavby se rovná době trvání směny.

Souhlasně s normou jsou v této kapitole voleny značky a jednotky pro:

- teplotu — θ (°C)
- teplo — Q (kWh)
- tepelný výkon — Φ (kW)
- objemový průtok — U (m^3/h)
- objem, potřeba TV — V (m^3)
- čas, doba — t (h)
- počet dávek, uživatelů, jídel, ploch, výtokových zařízení — n (per^{-1})

U značek jsou užívány indexy podle tabulky 2.1.

Tabulka 2.1 – Užívané indexy v ČSN 06 0320

d	dávka	o	osoba	z	ztráta, zásobník
i	uživatel	P	perioda	1	studená voda
j	jídlo, nádobí	t	teoretický	2	teplá voda
max	největší	u	úklid	3	teplá voda před výtok armaturou
n	nominální, jmenovitý	v	výtok	4	teplá voda na výtoku z armatury

2.2 STANOVENÍ POTŘEBY TV

Pro dimenzování zařízení ohřevu vody, tj. pro stanovení velikosti ohřívače a velikosti zásobníků TV se musí nejprve stanovit potřeby TV.

2.2.1 Potřeby u směšovací baterie

Základní parametry pro stanovení potřeb TV jsou velikost průtoku (objemového průtoku) u jednotlivých výtoků nad zařizovacími předměty.

Tabulka 2.2 – Charakteristiky výtoku nad zařizovacími předměty

Parametr	Značka	Jednotka	Směšovací baterie			
			Umyvadlo	Dřez	Sprcha	Vana
Teplota na výtoku	θ_4	°C	40	55[1)]	40	40
Průtok vody o teplotě θ_4 ve výtoku	U_4	$dm^3 . s^{-1}$	0,06	0,08	0,095	0,20
		$m^3 . h^{-1}$	0,21	0,30	0,34	0,70
Průtok TV o teplotě 55 °C v přítoku	U_3	$dm^3 . s^{-1}$	0,04	0,08	0,065	0,13
		$m^3 . h^{-1}$	0,14	0,30	0,23	0,47
Tepelný výkon přítoku TV	q_v	kW	7,3	15,7–24,4	12,0	24,6

[1)] Pro sterilizaci nádobí se používá voda o teplotě 70 až 80 °C.

kde θ_4 je teplota vody na výtoku z baterie,
U_4 objemový průtok smíšené TV se studenou vodou.

2.2.2 Denní potřeba TV v bytech

Denní potřeba TV v bytech byla změřena v několika českých lokalitách v rozmezí 0,12 až 0,17 m^3/den, byt. Maximální průtok TV činil 0,035 až 0,050 m^3/h.byt. Spotřeby byly změřeny o nedělích, kdy je spotřeba o 50 % vyšší oproti všedním dnům. Dodávka TV se dělá z centrálních ohřívačů pro 100 až 600 bytů. Spotřeba TV byla měřena a hrazena podle údajů bytových vodoměrů.

2.3 STANOVENÍ POTŘEBY TV

Potřeba TV se stanoví pro tři účely použití:

- mytí osob
  Potřeba TV pro mytí osob V_o v dané periodě se stanoví ze vztahu:
  $$V_o = n_r \cdot \sum V_d \quad (m^3) \quad (2.1)$$
  $$\sum V_d = \sum (n_d \cdot U_3 \cdot t_d \cdot p_d) \quad (m^3) \quad (2.2)$$
- mytí nádobí
  Potřeba TV pro mytí nádobí V_j v dané periodě se stanoví ze vztahu:
  $$V_j = n_j \cdot V_c \quad (m^3) \quad (2.3)$$
- úklid
  Potřeba TV pro úklid a mytí podlah V_u v dané periodě se stanoví ze vztahu:
  $$V_u = n_u \cdot V_c \quad (m^3) \quad (2.4)$$
  Celková potřeba TV V_{2p} v dané periodě se stanoví ze vztahu:
  $$V_{2p} = V_o + V_j + V_u \quad (m^3) \quad (2.5)$$

kde V_o je potřeba TV pro mytí osob v dané periodě (m^3)
V_d objem dávky (m^3)
V_j potřeba TV pro mytí nádobí v dané periodě (m^3)
V_u potřeba TV pro úklid a pro mytí podlah v dané periodě (m^3)
V_{2p} celková potřeba TV v dané periodě (m^3)
n_i počet uživatelů
n_j počet jídel
n_d počet dávek
n_u počet (výměr) ploch
U_3 objemový průtok TV o teplotě θ_3 do výtoku (m^3/h)
t_d doba dávky (h)
p_d součinitel prodloužení doby dávky (-)

Velikosti potřeby TV pro jednotlivá použití jsou uvedeny v tabulce 2.3.

Tabulka 2.3 – Potřeba TV o teplotě θ_3 = 55 °C[1)]

Činnost	**Doba dávky t_d**		**Objem dávky V_d**		**Teplo v dávce Q_2**
	s	**h**	**dm^3**	**m^3**	**kWh**
Mytí osob Umyvadlo U_3 = 0,14 $m^3 . h^{-1}$					
- mytí rukou	50	0,014	2	0,002	0,10
- mytí těla	260	0,071	10	0,010	0,52
Sprcha U_3 = 0,23 $m^3 . h^{-1}$	400	0,110	25	0,025	1,32
Vana U_3 = 0,47 $m^3 . h^{-1}$	300	0,085	40	0,040	2,10
(délka vany 1 600 mm)	610	0,170	80	0,080	4,20
Mytí nádobí - pouze výdej jídel	U_3 = 0,30 $m^3 . h^{-1}$ θ_4 = 55 až 80 °C na jedno jídlo		1	0,001	0,05
- vaření + výdej			2	0,002	0,10
Mytí podlahy a úklid	U_3 = 0,30 $m^3 . h^{-1}$ θ_4 = 55 °C na 100 m^2		20	0,020	1,05

[1)] Objem teplé vody o teplotě 40 °C připravený smícháním se studenou vodou je 1,5 násobný.

2.4 OBECNÉ VZTAHY PRO STANOVENÍ POTŘEBY TEPLA

Potřeby tepla jsou stanoveny v časovém úseku jedné periody v následujících obecných vztazích.
Potřeba tepla odebíraného z ohřívače TV během jedné periody Q_{2P} se stanoví ze vztahu:

$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} \quad \text{(kWh)} \qquad (2.6)$$

Teoretické teplo odebrané z ohřívače v době periody Q_{2t} se stanoví ze vztahu:

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2P} \cdot (\Theta_2 - \Theta_1) \quad \text{(kWh)} \qquad (2.7)$$

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV v době periody Q_{2z} se stanoví ze vztahu:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \qquad \text{(kWh)} \qquad (2.8)$$

Teplo dodané ohřívačem do TV během periody se rovná teplu odebranému z ohřívače v TV během periody:

$$Q_{1P} = Q_{2P}$$

kde Q_{2P} je teplo dodané ohřívačem do TV během periody

Q_{2t}	teoretické teplo odebrané z ohřívače v době periody	(kWh)
Q_{1P}	teplo dodané ohřívačem do TV během periody	(kWh)
Q_{2z}	teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV v době periody	(kWh)
V_{2p}	celková potřeba TV v dané periodě	(m^3)
θ_1	teplota studené vody (předpokládá se θ_1 = 10 °C)	(°C)
θ_2	teplota teplé vody (předpokládá se θ_2 = 55 °C)	(°C)

Tabulka 2.4 – Bilance potřeby TV a tepla

Druh objektu		Měrná jednotka	Činnost	Spotřeba V_{2P}	Teplo Q_{2P}	Součinitel současnosti *s*
				$m^3 . per^{-1}$	$kWh . per^{-1}$	
Stavby pro bydlení		1 osoba	umývání vaření úklid	0,082	4,3	do 35 os. = 1,0 až 1000 os. = 0,2 viz tabulka 2.6
Stavby pro dočasné ubytování	Internáty Svobodárny Hotely	1 osoba	Sprchy	0,06	2,5	Internát = 1,0
		1 osoba	Umývání			Svobodárna = 0,6
		1 osoba	Vany	0,1	3,5	Hotel do 50 lůžek = 1
						Přes 50 lůžek = 0,8
		100 m^2	Úklid	0,02	0,8	Úklid = 1,0
Školy		1 žák	Umývání	0,02	0,8	Podle vybavení 0,2 – 1,0
		100 m^2	Úklid	0,02	0,8	Úklid = 1,0
Zdravotnictví	Polikliniky	1 vyšetřený	Umývání včetně personálu	0,02	0,7	1,0
	Nemocnice	1 lůžko	Umývání	Ležící 0,020	0,7	Mytí = 1,0
		1 lůžko	Umývání + sprcha	Chodící 0,050	1,8	Mytí + 1 sprcha = 1,0
		1 lůžko	Umývání včetně personálu	0,25	10	Komplexní činnost [1)] = 1,0
	Domovy důchodců	1 lůžko	Umývání včetně personálu	0,2	7	Komplexní činnost [1)] = 1,0
	Ozdravovny	1 lůžko	Umývání včetně personálu	0,1	3,5	Komplexní činnost [1)] = 1,0

Druh objektu			Měrná jednotka	Činnost	Spotřeba V_{2P}	Teplo Q_{2P}	Součinitel současnosti s
					$m^3 . per^{-1}$	$kWh . per^{-1}$	
Zdravotnictví	Kojenecké ústavy		1 dítě	Umývání včetně personálu	0,125	5	Komplexní činnost [1)] = 1,0
Zdravotnictví	Jesle, dětské domovy		1 dítě	Umývání včetně personálu	0,07	2,5	Komplexní činnost [1)] = 1,0
Zdravotnictví			100 m^2	úklid	0,02	0,8	Úklid = 1,2 – 1,5
Očistné lázně			1 osoba	2x sprcha + vana	0,16	6,5	1,0
Očistné lázně			100 m^2	Úklid	0,02	0,8	Úklid = 1,2
Vaření a mytí nádobí	jen výdej		1 jídlo	Mytí jídelního nádobí	0,001 – 80 °C	0,1	S myčkou nádobí = 0,5 Bez myčky nádobí = 1,0
Vaření a mytí nádobí	Příprava a výdej	malý sortiment jídel restaurační provoz	1 jídlo	Mytí varného a jídelního nádobí	0,0015 – 80 °C	0,15	S myčkou nádobí = 0,7
Vaření a mytí nádobí	Příprava a výdej	malý sortiment jídel restaurační provoz	1 jídlo	Mytí varného a jídelního nádobí	0,002 – 80 °C	0,2	S myčkou nádobí = 0,8
Vaření a mytí nádobí	Příprava a výdej	malý sortiment jídel restaurační provoz	100 m^2	Úklid		0,8	Úklid = 1,0
Hygienická zařízení podniků a sportovní zařízení			1 os./sm	Umyvadla	0,02	0,8	1,0
Hygienická zařízení podniků a sportovní zařízení			1 os./sm	Sprchy	0,04	1,4	1,0
Hygienická zařízení podniků a sportovní zařízení			100 m^2	Úklid	0,02	0,8	Úklid = 1,0
Součinitel prodloužení doby dávky p_d: čistý provoz 1; špinavý provoz 1,5; značně špinavý provoz 2. *[1)] Pod pojmem komplexní činnost se rozumí umývání osob, umývání nádobí a úklid.*							

Pro měrné jednotky (osoby, lůžko, plocha apod.) jsou v tabulce 2.4 uvedeny potřeby tepla podle účelu budovy. V tabulce je uveden rovněž součinitel současnosti podle počtu zařizovacích předmětů.

2.5 POTŘEBY TEPLA PRO BYTOVÉ OBJEKTY

Potřeba TV a množství tepla pro ohřev TV v bytovém objektu, vztažený na jednu osobu a den je uveden v tabulce 2.5.

Tabulka 2.5 – Potřeba TV pro 1 osobu a den v bytovém objektu

Parametr	Označení	Jednotka	Směšovací baterie			
			Umyvadlo	Dřez	Sprcha	Vana
Počet dávek	n_d	-	3	0,8	1	0,3
Objem dávek	V_d	m^3	0,03	0,002	0,025	0,025
Teplo v dávkách	Q_d	kWh	1,5	0,1	1,3	1,4

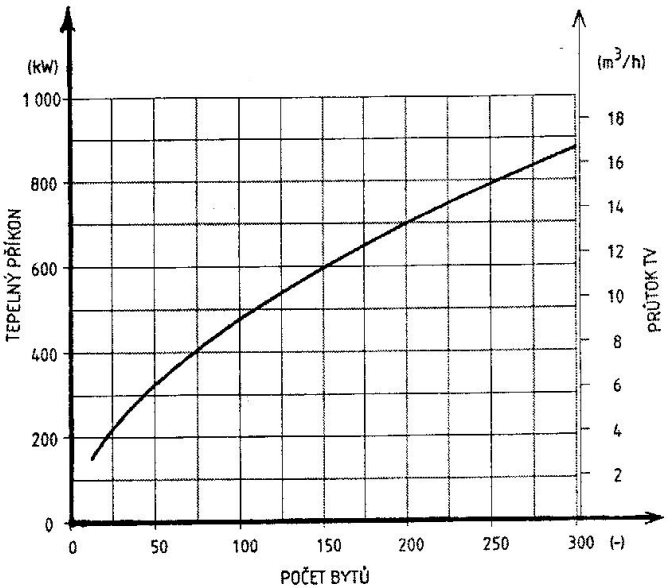
Parametr	Označení	Jednotka	Směšovací baterie			
			Umyvadlo	Dřez	Sprcha	Vana
Součet objemu dávek	V_{2P}	m^3	0,082			
Součet tepla v dávkách	Q_{2t}	kWh	4,3			

V tabulce 2.5 jsou uvedeny počty dávek, jejich objem v m^3 i teplo v dávkách v kWh i součty v denní periodě.
Pro bytové objekty je v normě k dispozici vyjádřena současnost odběru TV v závislosti na počtu bytů. Pro počet bytů do 100 je průběh křivky součinitele současnosti strmý a od bytů s počtem vyšším je průběh křivky pozvolný. U bytových objektů s počtem připojených bytů nad 200 je průběh současnosti prakticky konstantní.

Tabulka 2.6 – Součinitel současnosti pro bytové objekty

Počet bytů n_b	10	50	100	150	200	250
Součinitel současnosti s	0,85	0,41	0,28	0,24	0,21	0,20

Podle součinitele současnosti z tabulky 2.6 je sestaveno na obr. 2.1 grafické zobrazení tepelného příkonu v kW a průtočného objemu v m^3 podle počtu bytů.



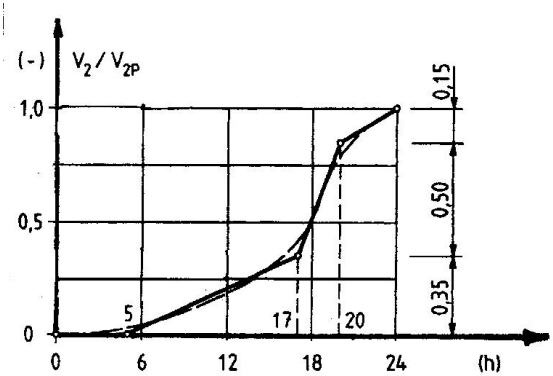
Obr. 2.1 – Tepelný příkon a průtok TV při průtokovém ohřevu v závislosti na počtu bytů

2.6 GRAFICKÉ ZOBRAZENÍ ODEBÍRANÉHO OBJEMU TV A DODÁVKY TEPLA

Zobrazení odběru TV v časovém sledu, např. v intervalu jedné periody, je instruktivní zejména pro stanovení špičkového průběhu.

a) Stanovení křivky odběru TV

Křivka odběru TV podle obr. 2.2 vyjadřuje závislost odebíraného objemu teplé vody V_2 na čase t během periody. Stanovuje se buď měřením nebo podle podobného zařízení či časovým rozborem odběru. Může se také použít standardní křivka odběru udávaná v poměrovém tvaru pro některá typická zařízení.



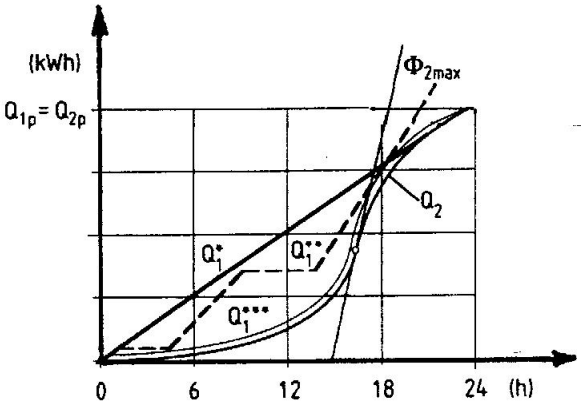
Obr. 2.2 – Příklad poměrné křivky odebíraného objemu TV pro bytové objekty (části křivky nahrazeny přímkami)

b) Křivka odběru a dodávky tepla

Na obr. 2.2 byla naznačena závislost odběru TV v čase jedné periody, tj. 24 hodin, pro bytový objekt. Křivka podobného tvaru může představovat průběh odběru tepla, nahradí-li se u y–ové pořadnice objemový průtok stupnicí tepelného obsahu v kWh.
Odběr tepla „Q_2“ je na obr. 2.3 vyjádřen spojitou křivkou s tvarovou charakteristikou, obdobnou obr. 2.2. Průběh dodávky tepla „Q_1“ je vždy nad křivkou odběru a diference množství tepla $Q_1 – Q_2$, pak vyjadřuje tepelný obsah uložený v zásobníkovém ohřívači TV. Nejčastěji přímkový tvar průběhu dodávky tepla závisí na výkonu zdroje tepla.
Na obr. 2.3 je vyznačen průběh dodávky tepla pro zdroj tepla:

- přímkou Q_1^x při nepřetržitém provozu se zásobníkem,
- přerušovanou přímkou Q_1^{xx} při přerušovaném provozu se zásobníkem,
- spojitou křivkou Q_1^{xxx} bez zásobníkového ohřívače TV, která kopíruje průběh odběru tepla.

Na obr. 2.3 je vyznačen maximální výkon v průběhu odebíraného tepla, který je vyznačen tečnou ke křivce průběhu odebíraného tepla s nejvyšší směrnicí.



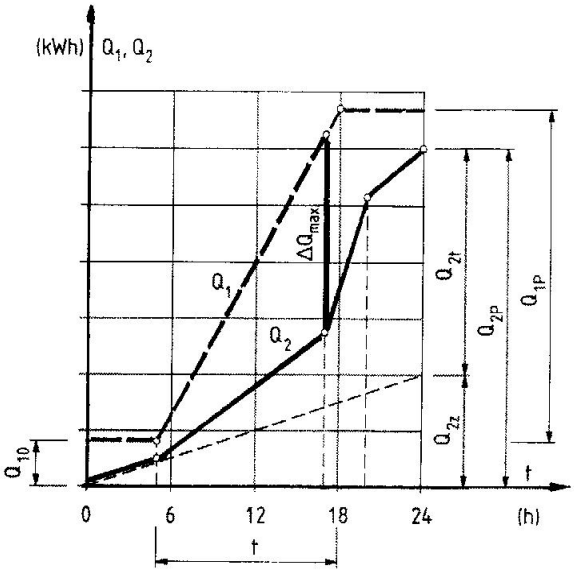
Obr. 2.3 – Příklad křivek dodávky a odběru tepla při ohřevu vody s různými zdroji tepla

Křivky dodávky a odběru tepla s rostoucím časem neklesají. Sklon tečny k těmto křivkám představuje velikost tepelného výkonu. Při nulovém výkonu je průběh křivky vodorovný, při největší strmosti křivky je výkon maximální.
Tepelný výkon zdroje má buď stálou hodnotu (kotle s jednostupňovým hořákem), nebo hodnotu proměnou (u jiných zdrojů tepla). Dodávka tepla se v prvém případě řídí přerušováním chodu kotle, ve druhém případě spojitou změnou výkonu. Pokud jsou zdroj tepla i výměník vybaveny dostatečně velkým tepelným výkonem s pružnou regulací, je možno realizovat ohřev vody průtokovým způsobem bez zásobníku. Křivka dodávky tepla Q_1 potom kopíruje křivku odběru tepla podle obr. 2.3.
Maximální stoupání odběrové křivky Φ_{2max} (obr. 2.3) u zařízení s nesoučasností odběrů nemůže být použito pro určení tepelného výkonu při průtokovém ohřevu. V takovém případě se musí výkon průtokového ohřívače stanovit s přihlédnutím ke krátkodobým odběrovým špičkám s uvážením přípustného poklesu teploty TV.

2.7 STANOVENÍ OBJEMU ZÁSOBNÍKU

Velikost objemu zásobníkového ohřívače TV podle zásad uvedených v předchozím odstavci se nejlépe demonstruje v grafickém vyjádření závislosti křivek, resp. přímek, mezi průběhem dodávky a průběhem odběr tepla pro TV. Příklad pro stanovení obsahu tepla v zásobníkovém ohřívači TV vyjadřuje obr. 2.4 pro bytové objekty v celodenní periodě.
Křivka odběru tepla (obr. 2.4) je závislost odběru tepla Q_2 z ohřívače na čase t během periody. Stanovuje se podle křivky odběru TV tak, že pro některé časy periody t se vypočítá teplo Q_2 ze vztahu (2.6 až 2.9)
Křivka dodávky tepla (obr. 2.4) je závislost dodávky tepla Q_1 do ohřívače na čase T během periody. Je dána tepelným výkonem, který přichází ze zdroje tepla a dobou dodávky tepla.

Křivka dodávky tepla Q_1 musí být vždy nad křivkou odběru tepla Q_2, jinak by nastal nedostatek tepla pro ohřev vody na požadovanou teplotu.
Případný svislý posun křivky Q_1 nad Q_2 na počátku periody znamená, že je v zásobníku k dispozici teplo Q_{10} z předchozí periody (obr. 2.4).



Obr. 2.4 – Příklad křivky dodávky a odběru tepla při ohřevu vody se zásobníkem při dodávce tepla do zásobníku v době od 5 do 18 hodin
Q_1 – křivka dodávky tepla, Q_2 – křivka odběru tepla, ΔQ_{max} – tepelný obsah zásobníkového ohřívače TV, Q_{2z} – denní ztráta tepla v rozvodech, Q_{2t} – denní potřeba tepla pro TV, Q_{2P} – celková denní potřeba tepla, Q_{1P} – denní dodávka tepla pro ohřev TV

Objem zásobníkového ohřívače TV se stanoví pomocí křivek dodávky a odběru tepla. Po zakreslení obou křivek do společného grafu (obr. 2.4) lze získat největší možný rozdíl mezi křivkami dodávky a odběru tepla. Ten představuje nutnou zásobu tepla, ze které se stanoví velikost zásobníku V_z:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \qquad (m^3) \qquad (2.10)$$

kde V_z	je	objem zásobníkového ohřívače TV	(m^3)
	ΔQ_{max}	největší možný rozdíl tepla mezi Q_1 a Q_2	(kWh)
	c	měrná tepelná kapacita vody	(kWh/m^3K)
	θ_1	teplota studené vody	(°C)
	θ_2	teplota teplé vody	(°C)

2.8 STANOVENÍ TEPELNÉHO VÝKONU PRO PŘÍPRAVU TV

Tepelný výkon pro přípravu TV se stanoví při zásobníkovém nebo průtokovém ohřevu.

Jmenovitý tepelný výkon pro zásobníkový ohřev se stanoví ze vztahu:

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{t}\right)_{max} \quad \text{(kW)} \qquad (2.11)$$

kde	Φ_{1n} je	jmenovitý tepelný výkon při zásobníkovém ohřevu	(kW)
	Q_1	teplo dodané ohřívačem do TV v čase t od počátku periody	(kWh)
	t	čas	(h)
	$\left(\frac{Q_1}{t}\right)_{max}$	maximální sklon křivky dodávky tepla Q_1 v čase t během periody	(kW)

Výkon při zásobníkovém ohřevu podle obr. 2.4 je dán poměrem množství dodaného tepla k časovému úseku *t*, kdy je toto teplo dodávané do soustavy ohřevu TV.

Jmenovitý tepelný výkon pro průtokový ohřev se stanoví ze vztahu:

$$\Phi_{1n} = \sum (n_v \cdot q_v) \cdot s \quad \text{(kW)} \qquad (2.12)$$

kde	n_v je	počet výtokových zařízení	(-)
	q_v	tepelný výkon přítoku jednoho výtokového zařízení	(kW)
	s	součinitel současnosti	(-)

Počet výtokových zařízení a velikost tepelného výkonu se stanoví podle účelu budovy v tabulce 2.3. Součinitel současnosti se stanoví podle tabulky 2.5.