

Ing. Vít KOVERDYNŠKÝ, Ph.D.
Divize Isover
Saint-Gobain Construction
Products CZ, a.s.

Návrh tloušťky tepelné izolace s ohledem na úsporu energie

Insulation Thickness Design with Respect to the Energy Saving Potential

Recenzent
prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

Článek se zabývá praktickými dopady a problémy při navrhování tloušťky tepelných izolací podle našich předpisů. Autor ve svém příspěvku dokázal přehledným způsobem porovnat požadavky našich předpisů a důsledky, které přináší s legislativou evropských států.

Klíčová slova: tepelná izolace, tloušťka tepelné izolace, legislativa

The paper deals with practical consequences and issues challenged when designing thermal insulation thickness according to our directives. The author of the contribution managed to compare in well-arranged way the requirements of our directives and consequences which they bring with the legislative of the other European states.

Keywords: thermal insulation, thermal insulation thickness, legislative

ÚVOD

Hledání obnovitelných zdrojů energie, kvalifikování výrobků podle jejich energetické náročnosti, dodatečné zateplování budov a další podobná opatření, to vše je důsledkem řešení obav z rychlého navyšování všeobecných nároků na spotřebu energie při celosvětově limitovaném objemu zásob fosilních paliv.

Mezi opatření, která vyplývají z těchto obav, patří mimo jiné i snižování tepelných ztrát při spotřebě a dopravě tepla. V praxi se jedná o problematiku vytápění obytných a užitných prostorů, technologická zařízení v průmyslu a energetice a rozvod tepla z míst jeho zdroje do míst jeho spotřeby. Velmi účinným prostředkem ke snížení tepelných ztrát je provedení tepelné izolace na stěnách či povrchu objektů nebo těles a potrubí, které slouží k uchovávání nebo dopravě teplotnosné látky.

U stavebních objektů se provádění tepelné izolace týká z fyzikálního hlediska prakticky pouze rovinných stěn a to v úzkém rozsahu teplot. Volba izolačního materiálu i způsob provedení, stejně jako zdroje tepla a způsob jeho využití a životnost jsou stereotypní a primárně dány zákonem č. 318/2012 Sb. (kterým se změnil energetický zákon č. 406/2000 Sb.), jeho prováděcích vyhlášek a příslušných norem, zejména ČSN 73 0540. Normové stanovení ekonomicky vhodné tloušťky izolace resp. obecnějšího požadavku, vhodného součinitele prostupu tepla U , je poměrně snadné a umožňuje jeho širokou realizaci.

Naproti tomu potrubní rozvody zařízení staveb a průmyslová technologická zařízení jsou tvarově různorodé, pracují v rozsahu teplot do 600 °C (u nadkritických kotlů již se provozní teploty blíží k 700 °C), sortiment vhodných materiálů je nutně širší a značně rozmanitý je i provedení izolační vrstvy podle situace v interiéru, ve volné atmosféře, v podzemních kanálech i jinde. Velmi rozdílná může být rovněž cena tepla ze zdrojů centrálních, místních nebo odpadních. Vliv mají též různé doprovodné vlivy, jako prostorová náročnost, ekologické pohledy a životnost izolace podřízená okolním prostředím (izolace v petrochemickém průmyslu, apod.).

Za těchto okolností může být zadání pro početní řešení konkrétní úlohy ovlivněno lokálními podmínkami, ekonomickou prozíravostí nebo i libovůlí provozovatele. Důsledkem bude rozdílná tloušťka izolace na různých místech, nebo i na stejném místě, ale v jiném časovém období, při jinak stejných provozních podmínkách. Takto variabilně stanovené tloušťky izolací jsou z celospolečenského hlediska jistě nežádoucí, neboť nena-

plňují prakticky dosažitelný potenciál úspor energií. Míra tepelných ztrát by měla být centrálně regulována podobně jako např. množství a jakost exhalací, čistota vodních toků a jiné hospodářské faktory.

Záměr omezit zbytečné energetické ztráty sledovaly v minulosti prováděcí vyhlášky energetického zákona nesoucí nejdříve označení č. 151/2001 Sb. a následně č. 193/2007 Sb., jejichž cílem je podpořit zvýšení optimálního využití energie při výrobě, přenosu, přepravě, distribuci, rozvodu a spotřebě energie. Zkušenosti s praktickým využitím těchto vyhlášek vyvolaly jejich mnohou a oprávněnou kritiku. Vyhláška č. 193/2007 Sb. je jedna z posledních, která nebyla po novele energetického zákona v roce 2013 upravena a tak po téměř 7 letech její platnosti právě nastává nejhodnější doba ji novelizovat a využít tak obrovský potenciál pro úspory energií, který segment TZB a průmyslu skýtá.

Doba kapitálové návratnosti investic do tepelné izolace pro zařízení budov a průmyslové instalace je zpravidla výrazně kratší než jeden rok, a tak je ve srovnání s ostatními investicemi v průmyslové oblasti bezkonkurenčně nejvýhodnější. To je dáno především velkým teplotním gradientem mezi teplotou teplotnosné látky a okolní teplotou (u technologických zařízení i 650 K). U tepelných izolací pro stavební použití je sice ploch podstatně více, ale teplotní gradient dosahuje řádově nižších hodnot (běžně 35 K) než v oblasti TZB.

Vzhledem k tomu, že snaha o snižování energetické náročnosti a zvyšování energetické efektivity je celoevropská, tak cílem tohoto článku je jednak informovat odbornou veřejnost o aktuální situaci a zkušenostech s realizací úsporných opatření v okolních zemích a také nastínit možný směr, jakým by se mohlo přistoupit k centrální regulaci tepelných ztrát u zařízení staveb a průmyslových instalací a to tak, aby byl využit veškerý potenciál úspor, který by omezil další ohrožování životního prostředí a byl v souladu se zásadami udržitelného rozvoje.

Protože od 2. světové války vycházel výzkum, vývoj a tvorba nových norem a předpisů v oblasti izolací primárně z Německa, podívali bychom se nejdříve na aktuální legislativní situaci k našim západním kolegům.

SITUACE V NĚMECKU

Oblast TZB

Vyhláška o úsporách energie EnEV [1] pro zařízení rozvádějící teplo nebo teplotu vodu předepisuje stanovení tloušťky izolace podle dimenze potrubí dle tab. 1.

Tab. 1 Výpis z přílohy 5 tabulky 1 EnEV

	Jmenovitá světlost trubky	Minimální tloušťka izolace vztažená k tepelné vodivosti 0,035 W/(m·K)*
1	do DN 20	20 mm
2	DN 20 až DN 32	30 mm
3	DN 40 až DN 100	jako vnitřní průměr
4	nad DN 100	100 mm

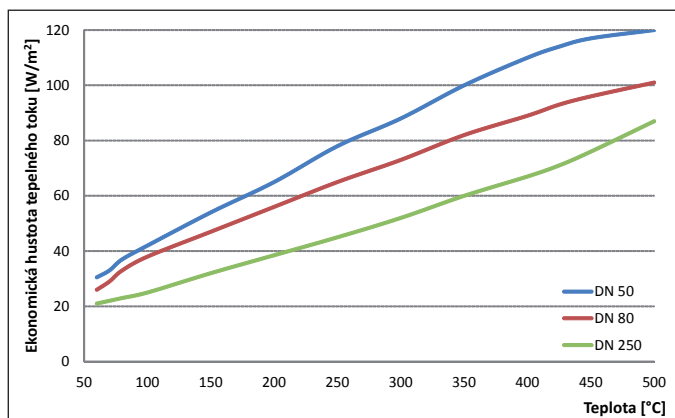
* Ve vyhlášce není upřesněno, ale jedná se pravděpodobně o tepelnou vodivost pro 0 °C

Tloušťka izolace stanovená tímto způsobem je rychlá a snadná, proto také praxí velmi oblíbená, bohužel neříká nic o skutečných tepelných ztrátách. Ve vyhlášce není stanovena hustota tepelného toku ani jiné kritérium. Bude proto zajímavé porovnat hodnoty předepsané ve vyhlášce s ekonomickou hustotou tepelného toku. Když vyjdeme z teploty teplé vody 60 °C a teploty místnosti 20 °C, pak dostaneme hustoty tepelného toku uvedené v tab. 2.

Tab. 2 Tepelná ztráta při izolaci podle EnEV

Jmenovitá světlost trubky DN	15	32	50	100	150	200
Tloušťka izolace s [mm]	20	30	50	100	100	100
Hustota tepelného toku q [W/m ²]	40,5	29,1	17,9	9,2	10,1	10,8
Součinitel prostupu tepla U_L [W/(m·K)]	0,20	0,22	0,22	0,22	0,28	0,35

Podle obr. 1 se ekonomická hustota tepelného toku při teplotě média 60 °C pohybuje přibližně mezi 20 W/m² až 30 W/m². Hodnoty podle EnEV tak u menších průměrů potrubí odpovídají přibližně hodnotám uvedeným na obr. 1, u větších průměrů potrubí jsou však podstatně menší.



Obr. 1 Závislost ekonomické hustoty tepelného toku na teplotě a průměru potrubí [2]

Analýza provedena pro následující parametry: izolace z minerální vlny, cena za teplo 270 Kč/GJ, životnost izolace 12 let, meziroční nárůst cen energie 4 %, úrok 8 %.

Oblast průmyslu

Návrh tloušťky izolace pro průmyslové aplikace vychází z normy AGI Q 101 „Komponenty elektráren“ německého sdružení pro průmyslové stavebnictví (AGI). Jsou dána dvě hlavní kritéria – maximální povrchová teplota 60 °C jako ochrana proti popálení při kontaktu s horkým povrchem a maximální hustota tepelného toku 150 W/m².

Tento dokument byl však publikován v roce 2000 a od té doby došlo ke značnému nárůstu nákladů na primární energii (v letech 2000 až 2008 vzrostla cena ropy dvakrát a cena zemního plynu třikrát). Tepelné ztráty se tak staly mnohem dražší a proto je v současné době Německo

v situaci, že tato hodnota je již překonaná a hledá se přísnější kritérium pro návrh. Jednou z možností je hledání ekonomické tloušťky izolace.

EKONOMICKÁ TLOUŠŤKA IZOLACE

Ekonomická tloušťka izolace je definována jako tloušťka, při které je součet nákladů na tepelné ztráty a investičních nákladů na izolaci minimální. Prakticky to znamená hledání účelného kompromisu mezi oběma protichůdně působícími vlivy – mezi součtem přínosů a ztrát spojených s pořízením a provozováním tepelné izolace.

$$N_c = N_r + N_i \quad (1)$$

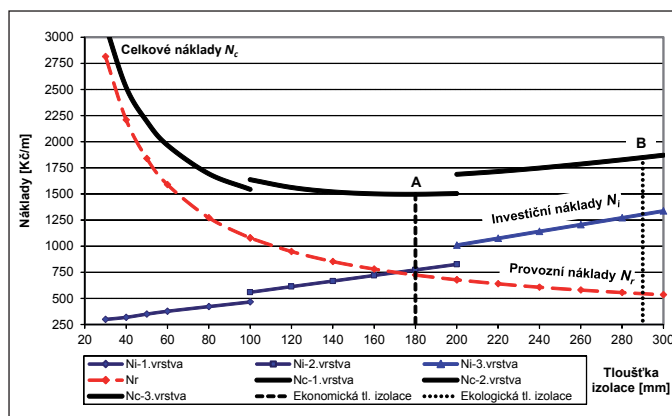
kde je:

- N_r cena tepla, jehož ztrátám se nepodařilo zabránit,
- N_i náklady spojené s pořízením a instalováním tepelné izolace,
- N_c celkově vynaložené náklady, jejichž minimum v závislosti na tloušťce izolace určuje hledanou ekonomickou tloušťku.

Značná složitost výpočtu a nesourodost ekonomických podmínek jednotlivých investičních případů sotva dovoluje, aby mohl výpočet ekonomické tloušťky izolace dostat podobu obecně platného analytického vzorce. I když tyto aproximační výpočty snadno zvládne program pro tabulkové kalkulace, je využívání tohoto postupu problematické z následujících důvodů:

- ❑ Řešení konkrétních případů ukazuje, že změna zadávacích podmínek nevyvolá výrazné rozdíly ve výsledné hodnotě hledané tloušťky izolace.
- ❑ Křivka závislosti tloušťky izolace na součtu celkových nákladů je v okolí svého minima velmi plochá. Lze tedy určení optima (tj. nalezení bodu A v obr. 2) do značné míry přizpůsobit subjektivnímu přístupu, aniž se zpochybní použitý postup výpočtu. Volba menší tloušťky představuje okamžitou úsporu investic, větší tloušťka znamená dlouhodobé úspory za ušetřenou energii a významný příspěvek k obecné ekologii, např. skutečnou účastí na snížení exhalací.
- ❑ V podmínkách liberálního hospodářství je takové rozhodnutí v rukou individuálního podnikatele.

Z uvedených důvodů se v současnosti v Německu pomalu od této projektové praxe upouští. Mimo jiné i proto, že probíhají diskuze o tzv. „ekologické“ tloušťce izolace (bod B na obr. 2). Zatím se toto nové kritérium zohlednilo požadavkem, aby tepelná ztráta byla o 25 % menší [4], než jaká plyne z ekonomické tloušťky izolace.



Obr. 2 Zjištění ekonomické (bod A) a ekologické (bod B) tloušťky izolace

Výpočet proveden pro následující okrajové podmínky: horkovod 130 °C z ocelového potrubí DN 200, průměrná teplota okolního vzduchu $t_e = 10$ °C, průměrná rychlost větru $v = 3,5$ m/s, emisivita $= 0,18$, cena tepla 1,8 Kč/kWh (500 Kč/GJ), odpisová doba 5 let, inflace energie 8 %, úroková sazba 5,8 %.

NOVINKY Z RAKOUSKA

V Rakousku v září 2013 vyšla nová norma ÖNORM H 5155 [5], která stanovuje požadavky na tepelnou izolaci rozvodů tepla, chladu, studené vody a vzduchovodů. Závazné tabulky uvádějí tloušťku izolace v závislosti na typu prostředí a průměru potrubí.

Rozvodům studené vody se normou ÖNORM H 5155 dalo větší pozornosti. Až na výjimky jsou tloušťky izolace stejné jako u chladicích rozvodů. Studená voda ovšem není teplosné médium, požadované tloušťky izolace jsou nadhodnocené, u těchto rozvodů postačuje navrhnout tloušťku pro zamezení kondenzace. Dále odpadá požadavek na minimální hodnotu faktoru difúzního odporu.

Nezvykle velké pozornosti se dostalo také vzduchovodům. Nedostatečně izolované potrubí VZT je příčinou nežádoucího poklesu (či vzrůstu) teploty procházejícího upraveného vzduchu a vede ke zvýšeným provozním nákladům při užívání budovy. I zde jsou však některé z uvedených požadovaných tlouštěk nadhodnocené.

Všechny předepsané tloušťky se vztahují k izolaci o jednotné tepelné vodivosti. V případě, že použitý izolační materiál má jinou hodnotu součinitele tepelné vodivosti, je možný přepočít tloušťky izolace. V normě jsou dále uvedeny výpočtové teploty pro zimní a letní období pro jednotlivé, v tabulkách uvedené, místnosti.

Tab. 3 Požadované tloušťky izolace pro rozvody tepla platí pro součinitel tepelné vodivosti 0,047 W/(m·K) při střední teplotě 50 °C a součiniteli přestupu tepla 9 W/(m²·K)

Poloha potrubního vedení	Jmenovitá světlost trubky DN										
	≤ 15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	> 125
	Minimální tloušťka izolace [mm]										
Technické prostory	20	25	30	40	45	55	70	85	100	125	135
Nevytápěné prostory	20	25	30	40	45	55	70	85	100	125	135
Vytápěné prostory	10	15	15	20	25	30	35	40	50	65	70
Instalační šachty a chodby sousedící s nevytápěným prostorem	20	25	30	40	45	55	70	85	100	125	135
Podhledy, dvojité podlahy, instalační šachty sousedící s nevytápěným prostorem	10	15	15	20	25	30	35	40	50	65	70
Pod omítkou a v podlaze v nevytápěných prostorech	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Pod omítkou a v podlaze ve vytápěných prostorech	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10
V zemi	50	50	50	50	50	50	50	55	65	65	75
Mimo budovu	50	50	50	50	55	65	80	90	110	135	145

Tab. 4 Požadované tloušťky izolace pro chladicí rozvody umístěné v prostorách s maximální relativní vlhkostí 70 % a minimální teplotou média 4 °C. Hodnoty platí pro součinitel tepelné vodivosti 0,036 W/(m·K) při střední teplotě 0 °C a součiniteli přestupu tepla 9 W/(m²·K). Dále platí požadavek na minimální faktor difúzního odporu $\mu = 7000$.

Poloha potrubního vedení	Jmenovitá světlost trubky DN										
	≤ 15	20	25	32	40	50	65	80	100	> 100	
	Minimální tloušťka izolace [mm]										
Technické prostory	13	19	19	19	25	25	25	32	32	32	
Prostory bez chlazení	13	19	19	19	25	25	25	32	32	32	
Prostory s chlazením	13	19	19	19	25	25	25	32	32	32	
Instalační šachty a chodby	13	19	19	19	25	25	25	32	32	32	
Pohledy	13	19	19	19	25	25	25	32	32	32	
Pod omítkou a v podlaze	13	19	19	19	25	25	25	32	32	32	
V zemi	13	19	19	19	25	25	25	32	32	32	
Mimo budovu	19	25	25	25	32	32	32	38	38	38	

Tab. 5 Požadované tloušťky izolací pro rozvody studené vody platné pro součinitel tepelné vodivosti 0,036 W/(m·K) při střední teplotě 0 °C a součiniteli přestupu tepla 9 W/(m²·K)

Poloha potrubního vedení	Jmenovitá světlost trubky DN										
	≤ 15	20	25	32	40	50	65	80	100	> 100	
	Minimální tloušťka izolace [mm]										
Technické prostory	13	13	13	19	19	25	25	32	32	32	
Volně procházející nevytápěným prostorem	9	9	9	13	13	19	19	25	25	32	
Volně procházející vytápěným prostorem	13	13	13	19	19	25	25	32	32	32	
Instalační šachty a chodby; společné vedení s vytápěním	13	13	13	19	19	25	25	32	32	32	
Instalační šachty a chodby; samostatné vedení bez vytápění	9	9	9	13	13	19	19	25	25	32	
Podhledy, dvojité podlahy, lehké předstěny, vedení v SDK příčkách, pod omítkou, v podlaze (suterénní rozvody)	13	13	13	19	19	25	25	32	32	32	
Instalace před stěnou (volně vedené, nezazděné), v podlaze (etážový rozvod a jednotlivé příklady)	4 ^{c)}	4 ^{c)}	4 ^{c)}	9	9	13	13	19	19	19	
Instalace před stěnou, v podlaze (souběh s cirkulačním potrubím)	13	13	13	19	19	25	25	32	32	32	
V zemi	v nezámrazné hloubce není nutná žádná izolace ^{a)}										
Mimo budovu ^{b)}	19	25	25	25	32	32	32	38	38	38	

^{a)} potrubí s rizikem zamrznutí, které je potřeba protimrazově chránit,

^{b)} potrubí vedeného volně venku je nutné provést protimrazové opatření

^{c)} potrubní systém není nutno izolovat

POZNÁMKA RECENZENTA: Znaménko „menší“ v tab. 3 až 5 platí pouze do DN 10, poté je nutno zohlednit izolační paradoxon.

Tab. 6 Požadované tloušťky izolace pro rozvody teplovzdušného vytápění platné pro součinitel tepelné vodivosti 0,047 W/(m·K) při střední teplotě 50 °C a součiniteli přestupu tepla 9 W/(m²·K).

Poloha vzduchovodu	Vnější obvod neizolovaného vzduchového kanálu [m]					
	≤ 0,5	0,5 < 0 ≤ 1,0	1,0 < 0 ≤ 3,0	3,0 < 0 ≤ 5,5	5,0 < 0 ≤ 10,0	> 10,0
	Minimální tloušťka izolace [mm]					
Technické prostory	30	40	50	60	80	100
Nevytápěné prostory	30	40	50	60	80	100
Vytápěné prostory	20	20	30	40	50	60
Instalační šachty a chodby sousedící s nevytápěným prostorem	30	40	50	60	80	100
Podhledy, dvojité podlahy a instalační šachty sousedící s vytápěným prostorem	20	20	30	40	50	60
Podhledy, dvojité podlahy	20	20	30	40	50	60
Pod omítkou, v podlaze	20	20	30	40	50	60
Mimo budovu	40	50	70	100	150	200

Tab. 7 Požadované tloušťky izolace pro vzduchovody v režimu chlazení pro součinitel tepelné vodivosti 0,036 W/(m·K) při střední teplotě 0 °C a součiniteli přestupu tepla 9 W/(m²·K)

Poloha vzduchovodu	Vnější obvod neizolovaného vzduchového kanálu [m]					
	≤ 0,5	0,5 < 0 ≤ 1,0	1,0 < 0 ≤ 3,0	3,0 < 0 ≤ 5,5	5,0 < 0 ≤ 10,0	> 10,0
	Minimální tloušťka izolace [mm]					
Technické prostory	13	19	25	32	38	50
Prostory bez chlazení	13	19	25	32	38	50
Prostory s chlazením	13	19	25	32	38	50
Instalační šachty a chodby	13	19	25	32	38	50
Podhledy, dvojité podlahy	13	19	25	32	38	50
Pod omítkou a v podlaze	13	19	25	32	38	50
Mimo budovu	19	25	32	38	50	100

SITUACE NA SLOVENSKU

V červnu 2012 se otázce hospodárnějšího nakládání s energiemi v provozech TZB dostala pozornost i na Slovensku vydáním vyhlášky MH SR č. 282/2012 Z.z., kterou se ustanovily technické požadavky na tepelnou izolaci rozvodů tepla a teplé vody [6]. V podstatě jde o výrazným způsobem zjednodušenou verzi původní české vyhlášky č. 151/2001 Sb.

Jediným kritériem je předepsaná tloušťka izolace podle dimenze potrubí, která podobně jako u vyhlášky č. 151/2001 Sb. vychází z původní německé vyhlášky o úsporách energie EnEV [1]. Zaráží je, proč je tloušťka izolace předepsána pro tepelnou vodivost 0,035 W/(m·K) stanovenou pro 0 °C, když se kritérium týká pouze rozvodů tepla a teplé vody, které pracují s vyššími teplotami. Hodnota 0,035 W/(m·K) zde totiž neříká nic ani o kvalitě izolace, ani o teplotě, při kterých jsou tyto izolace běžně v provozu.

Pro rozdělovače a sběrače tepla, v místech křížení potrubí a jejich odboček a u potrubí a armatur umístěných v prostupech stěn a stropů se může minimální tloušťka izolace snížit o 50 % hodnoty tloušťky izolace uvedené v příslušném řádku tabulky.

AKTUÁLNÍ SITUACE V ČESKÉ REPUBLICE

V České republice je návrh technických izolací možno rozdělit na tři oblasti:

- (A) Požadavky na účinnost užití energie v nově zřizovaných zařízeních pro rozvod tepelné energie a chladu sloužící k dodávkám tepelné

energie bytovým objektům, pro technologické účely a pro nebytové prostory stanovuje vyhláška č. 193/2007 Sb. Požadavky na vybavení těchto zařízení tepelnou izolací se vztahují na:

- parní, horkovodní a teplovodní sítě a sítě pro rozvod teplé vody a chladu včetně přípojek, s výjimkou chladicí vody z energetických a technologických procesů, která odvádí tepelnou energii do okolního prostředí,
 - předávací nebo výměňkové stanice,
 - zařízení pro vnitřní rozvod tepelné energie, chladu a teplé vody a cirkulace v budovách.
- (B) Kromě vyhlášky č. 193/2007 Sb. pro navrhování teplovodních tepelných soustav v budovách od července 2003 platí také přejetá evropská norma ČSN EN 12828, která se v kapitole 4.8 věnuje tepelným izolacím.
- (C) Třetí samostatná oblast platí pro konstrukci a výstroj parních a horkovodních kotlů, požadavky jsou definovány normou ČSN 07 0620.

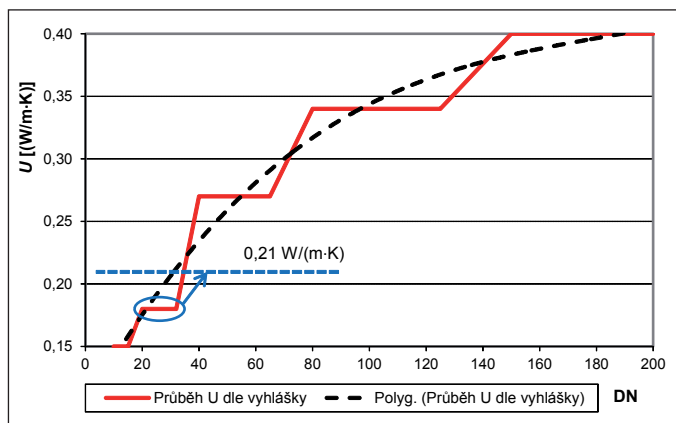
(A) VYHLÁŠKA č. 193/2007 Sb.

V úvodní části se tento příspěvek zmiňuje o kritice dnes již značně zastaralé, ale dosud platné vyhlášce č. 193/2007 Sb. V době svého vzniku představovala vyhláška pokrok, neboť snižovala proti předchozímu období tepelné ztráty potrubí významným způsobem. Bohužel se jí nepodařilo vyloučit některé nelogické důsledky, které si probereme níže v komentáři k paragrafům 5, 8 a 9 týkajících se oblasti návrhu izolací.

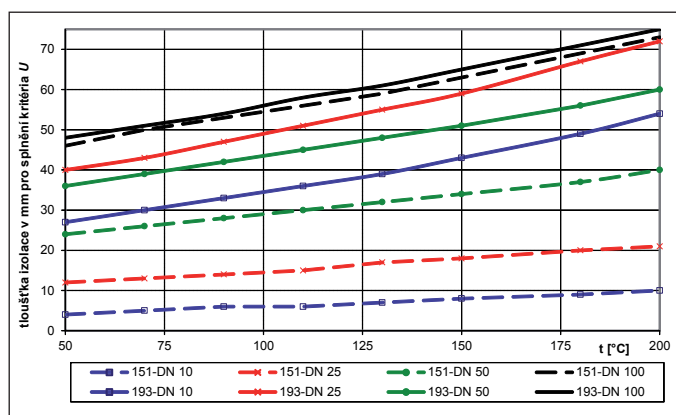
§ 5 – požadavky na izolace rozvodů tepla

Odst. 3 stanovuje nejvyšší povrchovou teplotu izolace pro vnitřní rozvody. Pro teploty látky do 115 °C je to maximálně vzrůst o 20 K oproti teplotě okolí a o 25 K při teplotách nad 115 °C. U vnějších rozvodů není požadavek stanoven. V praxi se pak nejčastěji navrhuje teplota povrchu nižší než 50 °C (při teplotě okolního vzduchu 25 °C a přirozené konvekce vzduchu) kvůli nebezpečí rizika kontaktu s horkým povrchem.

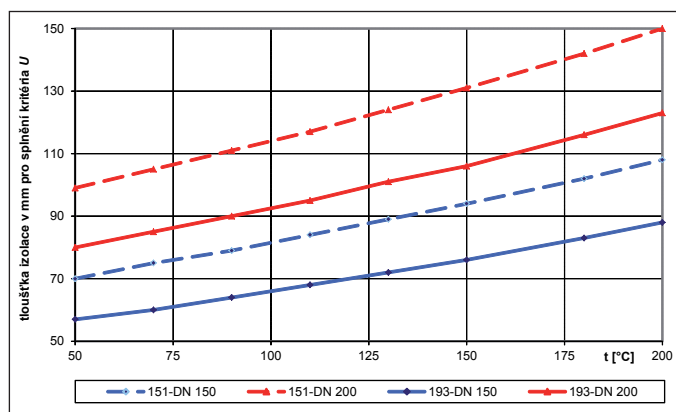
Odst. 9 a 11 se týká kritéria maximální hodnoty součinitele prostupu tepla U . V původní vyhlášce č. 151/2001 Sb. bylo podle § 6, odst. 11 kritérium $U \leq 0,35 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Tato hodnota platila pro vnější i vnitřní rozvody. Krité-



Obr. 3 Průběh kritéria U stanovený vyhláškou č. 193/2007 Sb. (červeně) a proložení polynomem 3. stupně (černě)



Obr. 4 Nutná tloušťka izolace pro splnění požadavku $U \leq U_n$ W/(m·K) pro dimenze od DN 10 až DN 100 [10]



Obr. 5 Nutná tloušťka izolace pro splnění požadavku $U \leq U_n$ W/(m·K) pro dimenze DN 150 a DN 200

Poznámka: Pro výpočet byla použita tepelná vodivost izolace z minerální vlny s objemovou hmotností 65 kg/m³, emisivita povrchu $\epsilon = 0,09$, potrubí ocelové.

riem bylo řečeno, že různé dimenze potrubí stejné délky musí mít stejnou tepelnou ztrátu při stejném rozdílu teplot okolního vzduchu a teplosnosné látky v potrubí. Následně bylo toto kritérium v příloze 3 vyhlášky č. 193/2007 Sb. odstupňováno do několika tříd – se zvětšujícím se průměrem se zvětšuje součinitel prostupu tepla U . Vyhláška však definuje velikosti U pouze u vnitřních rozvodů do DN 200 a u rozvodů vedených v zemi. Pro vnější rozvody zatím hodnoty U neznáme, protože v příloze vyhlášky chybí předmětná tabulka, ač se na ní odst. 9 odvolává.

Průběh kritéria U je vidět na obr. 3. Hned na první pohled je patrná nevhodná volba pro dimenze DN 20 – 32. Hodnota by měla být někde kolem 0,21 W/(m·K) místo uvedených 0,18 W/(m·K), pak by korespondovala s předchozí a následnou hodnotou. Zde je vidět jeden z nelogických důsledků takové volby kritérií. Pro DN 25 vychází tloušťka izolace větší než pro DN 50 – viz obr. 4 a není tak dodržena logicky vzestupná tloušťka izolace se zvětšujícím se průměrem potrubí.

Nutné tloušťky izolací podle původní vyhlášky č. 151/2001 Sb. a podle novelizované vyhlášky č. 193/2007 Sb. jsou uvedeny v grafu na obr. 4 (DN 10 až DN 100) a na obr. 5 (DN 150 a DN 200). Požadavky podle původní vyhlášky 151/2001 Sb. jsou čárkované a požadavky podle vy-



Obr. 6 Koleno trubky DN 100 se standardním poloměrem oblouku $1,5 \times DN$:
- vlevo: s tloušťkou izolace 100 mm
=> u oplechování nelze vytvořit vnitřní oblouk kolena a to ani při použití pouze tří segmentů,
- dole: správné provedení izolace kolene se čtyřmi segmenty – takto lze vytvořit koleno pro tloušťku izolace maximálně 60 mm.



Obr. 8 Ukázka správného provedení izolace kolene trubky DN 32 s poloměrem oblouku $1,5 \times DN$ při použití tloušťky izolace 30 mm.

hlášky č. 193/2007 Sb. jsou pro stejnou dimenzi vyneseny příslušnou barvou plně.

Původní hodnota $U = 0,35 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ byla pro větší dimenze potrubí (zejména od DN 200) velmi přísná. V praxi na typickém horkovodu nikdo tloušťku izolace 300 mm nenavrhoval, ekonomická tloušťka izolace se pohybuje okolo 180 mm. Optimálnímu návrhu tedy nebránilo pouze kritérium ekonomické tloušťky izolace. Ve vyhlášce č. 193/2007 Sb. je však toto kritérium zmíněno pouze v § 2, odst. 3, které projektant navrhuje izolace snadno přehledné. Lépe by bylo, kdyby se optimalizační výpočet hospodárné tloušťky izolace objevil v paragrafu dotýkajících se přímo požadavků na izolační materiál. Jediným způsobem jak stanovit tloušťku izolace, aby splňovala název vyhlášky o účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie je právě technicko-ekonomický výpočet.

Jiné kritérium stanovené zákonem (tedy v našem případě vyhláškou) by mělo dát větší tloušťku izolace než podle výpočtu ekonomické tloušťky – mělo by vést k již uvedené ekologické tloušťce izolace (bod B v grafu na obr. 2). Na druhou stranu tloušťka izolace musí vyjít taková, aby byla realizovatelná v praxi – hodnoty U stanovené vyhláškou jsou u malých průměrů potrubí tak nízké, že vychází tloušťky izolace, které nelze z praktického hlediska realizovat – u kolen nelze vytvořit oplechování vnitřního oblouku.

Pro realizaci příliš velkých tlouštěk izolací by se koleno muselo izolovat do tzv. „krabice“, která je ovšem nepřipustná z estetického hlediska, anebo by se musel měnit používaný standard pro potrubí a místo oblouků s $R = 1,5 \times \text{DN}$ by se musely začít navrhovat ohyby s $R = 3 - 5 \times \text{DN}$.

Tvůrci vyhlášky si patrně vzali za vzor kritérium součinitele prostupu tepla pro rovinnou stěnu $U_n [\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}]$ stanovenou v ČSN 730540-2 (tab. 3 na str. 13 [11]). Aby toto kritérium mohlo být skutečně v praxi používáno, tak by U hodnoty musely být odstupňovány podle průměru potrubí, musely by být mírnější (vyšší) pro malé dimenze potrubí a také být doplněny pro DN větší než 200 mm. Dále je nutné zohlednit umístění potrubí – v interiéru, v exteriéru, případně v zemině. Vyhláška sice U pro potrubí vedené v zemi stanovuje, ale opět jsou zde hodnoty pouze pro DN 200 a nižší (rozvody v zemi mají ve skutečnosti nejčastěji DN 200 a vyšší) a naprosto chybí jakékoliv hodnoty pro venkovní rozvody.

Rozebírané odstavce se odvolávají na přílohu č. 3 [7], kde jsou uvedeny poněkud netradiční hodnoty tepelných odporů zeminy. Málokdo vede potrubí ve skále, k čemu tedy uvádět tepelný odpor skály? Takového potrubí bude zcela určitě obsypán pískem či hlínou.

Odst. 8 stanovuje maximální hodnotu součinitele tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,045 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, resp. $0,040 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ u vnitřních rozvodů, pro střední teplotu 0°C . Je zarážející, proč stanovovat λ pro 0°C . Nese to s sebou dva problémy:

- 1) Při měření v laboratoři je velmi obtížné zaručit okrajové podmínky tak, aby bylo možné λ izolace pro 0°C změřit. Při měření zejména vláknitých izolací by se musela velmi citlivě nadefinovat relativní vlhkost vzduchu, aby se studená strana aparatury při měření neorochovala a zkondenzovaná vlhkost negativně neovlivňovala tepelnou vodivost izolace. U vláknitých izolací se měří tepelná vodivost v závislosti na teplotě od 50°C do MST (nejvyšší provozní teploty), kde se pak z polynomu zpětně dopočítá tepelná vodivost při 0°C . Zvolením minimální hodnoty tepelné vodivosti při 50°C je naopak usnadnění pro porovnání kvality izolace. Hodnota pro 0°C je pak jen pouhé odvozování a dopočítávání, kde se lze dopustit chyby. Tato skutečnost je obsažena v normě ČSN EN 12 667, podle které se stanovuje měřená hodnota tepelné vodivosti. Chladicí deska měřicího zařízení má povolenou nejnižší teplotu 5 K nad teplotou rosného bodu okolního vzduchu v laboratoři. Z hlediska logiky a exaktnosti měření definovaného zkušební normou je proto vhodnější měřit a porovnávat tepelnou vodivost pro 50°C .

- 2) Tepelné rozvody pracují s teplotami vyššími než 0°C , kvalitativně se porovnávají hodnoty, které v praxi nenastanou.

Inspirovat se lze u rakouských kolegů hodnotou $0,047 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ při střední teplotě 50°C .

§ 9 – požadavky na izolace rozvodů chladu

Požadavky na tepelné izolace chladicích rozvodů (dále používán v praxi rozšířený zkrácený termín chladová izolace) jsou v nové vyhlášce větším středem zájmu, než tomu bylo dříve. Zohlednila se tak rostoucí spotřeba chladu a energetická náročnost jeho výroby.

Odst. 2 se bohužel odkazuje na dříve rozebíraný § 5, odst. 9 a 11 – kritérium součinitele prostupu tepla U . Nevhodnost stávajících hodnot U platí jak pro tepelné rozvody, tak pro rozvody chladu. Odstavcem 4 je dílo dokonáno (požadavek na 1,5násobnou tloušťku izolace podle kritéria U pro teploty média nižší než $+5^\circ \text{C}$) – vychází extrémně neekonomické tloušťky izolací, které na rozvodech chladu nikdo nezaplatí a proto ani nenavrhně – zejména u menších průměrů potrubí, které se vyskytují nejčastěji. Jedinou možností, jak tento nesmyslný požadavek obejít je navrhnout ekonomickou tloušťku izolací, podle § 9, odst. 1.

Problematickým je i odst. 3, který stanovuje nejvyšší hodnotu součinitele tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,038 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ (pro střední teplotu 0°C). Toto kritérium splňují všechny izolační materiály, které se na rozvody chladu používají, kromě pěnového skla. Tento materiál má $\lambda = 0,038$ až $0,048 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ pro 0°C a technicky již v podstatě není možné tuto hodnotu dále snížit. Jedná se o materiál, který zatím jako jediný na trhu je nehořlavý s reakcí na oheň A1 podle ČSN EN 13 501-1. U podzemních a jiných prostor, kde je požadavek na nehořlavý izolační materiál, tak není možné zvolit izolaci, která by se dala navrhnout. Vyhláška tedy omezuje použití pěnového skla na trhu a to by bylo i v rozporu se zákonem č. 22/1997 Sb.

POZNÁMKA REGENZENTA: Autor podrobuje vyhlášku výrazné kritice, ale soustřeďuje se pouze na jednu možnost návrhu tloušťky izolace přes U . Jinou možností je využití §2, odst. 3., kde lze navrhnout vlastní tloušťku izolace na základě optimalizačního výpočtu, který dnes poskytuje téměř každá firma prodávající tepelné izolace. Nicméně lze souhlasit s tím, že tento přístup je již překonaný a bylo by vhodné vydat se cestou izolačních tříd.

POZNÁMKA AUTORA: Optimalizačním výpočtem lze zdůvodnit cokoliv, bohužel je to útok stranou, nejsou stanovena jednoznačná kritéria. Z praxe víme, že to je komplikovaná kapitola a časté otázky ze strany odborné veřejnosti nás utvrzují v tom, že provést optimalizační výpočet není zas tak snadné, jak by se mohlo zdát.

(B) ČSN EN 12828 (NAVRHOVÁNÍ TEPELOVODNÍCH TEPELNÝCH SOUSTAV)

Tato norma předepisuje výpočet součinitele prostupu tepla pro vymezené oblasti, konkrétně pro 6 izolačních tříd. Systém izolačních tříd podle normy ČSN EN 12 828 má v Evropě pravděpodobně velkou budoucnost. Nejenom, že platí v celé EU jako doporučený standard pro návrh teplo-

Tab. 8 Výpočet izolační třídy v závislosti na funkčním parametru [9]

Izolační třída	Funkční parametr I $\text{K} \cdot \text{s/rok} \times 10^9$
0	$I < 0,05$
1	$0,05 < I < 0,17$
2	$0,17 < I < 0,35$
3	$0,35 < I < 0,70$
4	$0,70 < I < 1,40$
5	$1,40 < I < 2,80$
6	$I > 2,80$

vodních otopných soustav, ale v obecné rovině se začíná čím dál více prosazovat i do legislativy ve skandinávských zemích. Nejdále je v tomto asi Dánsko, které s původními 4 izolačními třídami pracuje v normě DS 452 již od roku 1984, od roku 2013 pracuje se stejnými 6 třídami jako EN 12 828 a jejich používání je navíc uzákoněno (tedy povinné).

Doporučená izolační třída je závislá na tzv. „funkčním parametru I' “, který je uveden v tab. 8 a vypočítá se podle vztahu (2).

$$I' = f \cdot (t_m - t_a) \cdot \tau \quad (2)$$

kde je:

f podíl předaného tepla, který je považován za tepelnou ztrátu nesloužící k vytápění objektu (hodnota 1,0 znamená, že veškerá tepelná ztráta do okolního prostoru není dále využita, nepřispěje k tepelné bilanci prostoru)

t_m teplota média [°C],

t_a teplota okolí [°C],

τ čas [s].

Z toho je patrné, že funkční parametr závisí na středním teplotním rozdílu Δt , odhadnuté hodnotě f , a délce otopného období τ .

Musí se brát zřetel na budoucí změny funkcí budovy a jejího zařízení, protože rozhodující pro stanovení izolační třídy je nejvyšší provozní parametr po dobu životnosti zařízení.

Následně se podle izolační třídy vypočítá součinitel prostupu tepla, který je závislý na vnějším průměru potrubí. Čím vyšší je izolační třída, tím nižší je součinitel prostupu tepla (je tedy navrženo větší omezení tepelné ztráty do prostoru) a tím vyjde větší tloušťka izolace.

Příklad: Ocelové potrubí DN 32 teplovodní otopné soustavy s teplotním rozdílem 75/65, vede nevytápěným prostorem s výpočtovou teplotou +5 °C, počet dnů otopného období $d = 222$.

Tab. 10 Srovnání tloušťky izolace a součinitele prostupu tepla podle izolační třídy 4 a vyhlášky č. 193/2007 Sb.

Dimenze potrubí DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
Vnější průměr potrubí d_e [mm]	17	21	27	34	42	48	60	76	89	114	140	168	219
U pro izolační třídu 4 [W/(m·K)]	0,19	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,25	0,27	0,29	0,33	0,37	0,41	0,49
Tloušťka izolace pro třídu 4 [mm]	18	21	26	31	35	38	43	48	51	55	58	60	63
U podle vyhlášky 193/2007 Sb. [W/(m·K)]	0,15	0,15	0,18	0,18	0,18	0,27	0,27	0,27	0,34	0,34	0,34	0,40	0,40
Tloušťka izolace dle vyhlášky [mm]	30	35	35	45	53	30	38	48	40	52	65	63	85

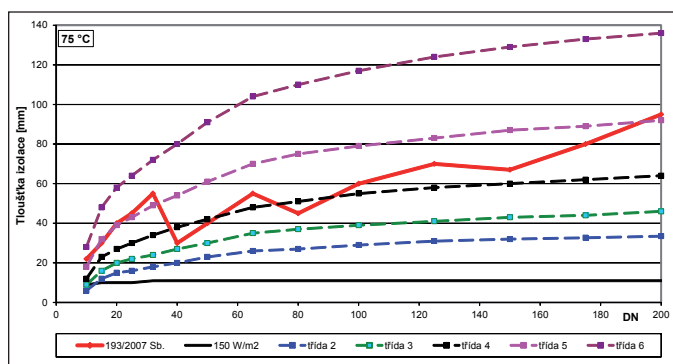
Tab. 9 Izolační třídy prostupu tepla [9]

Izolační třída	Maximální součinitel prostupu tepla	
	Trubky s vnějším průměrem $d_e \leq 0,4$ m [W/m·K] ^{a)}	Trubky s vnějším průměrem $d_e > 0,4$ m nebo rovinné povrchy ^{b)} [W/m²·K] ^{c)}
0	–	–
1	$3,3 \cdot d_e + 0,22$	1,17
2	$2,6 \cdot d_e + 0,20$	0,88
3	$2,0 \cdot d_e + 0,18$	0,66
4	$1,5 \cdot d_e + 0,16$	0,49
5	$1,1 \cdot d_e + 0,14$	0,35
6	$0,8 \cdot d_e + 0,12$	0,22

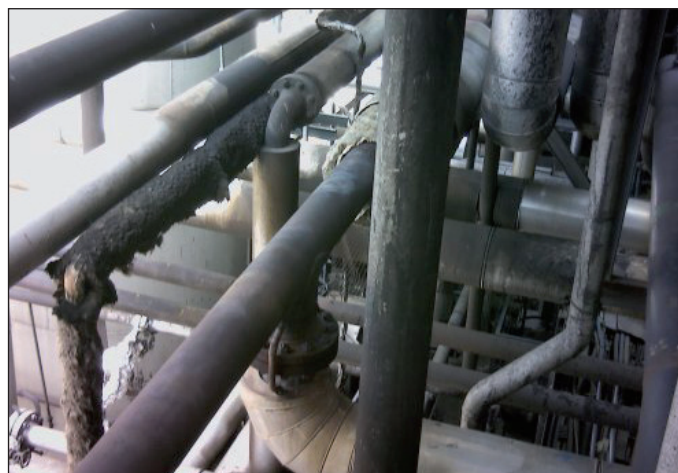
^{a)} Lineární součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky potrubí.

^{b)} Zahrnuje nádoby a jiná zařízení s rovnými nebo zakřivenými povrchy a trubky s nekulovým průřezem.

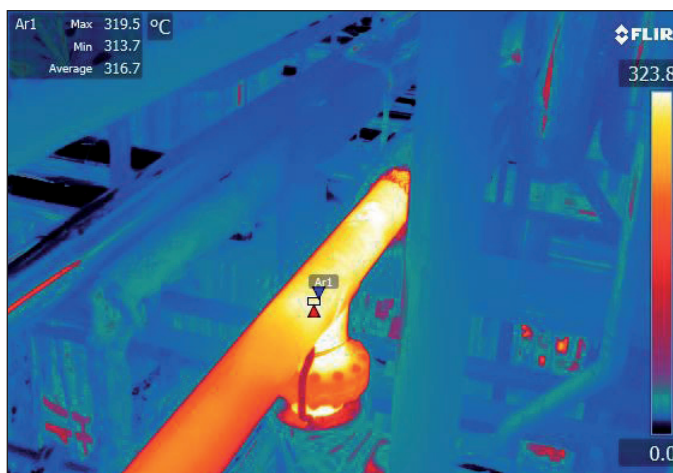
^{c)} Součinitel prostupu tepla vztažený k povrchu trubky 1 m².



Obr. 9 Porovnání tloušťky izolace pro kritérium U dle vyhlášky č. 193/2007 Sb. s izolačními třídami prostupu tepla 2 až 6 podle ČSN EN 12828. Pro možnost zajímavého srovnání je v grafu uvedeno i kritérium max. hustoty tepelného toku 150 W/m²



Obr. 10 Typická ukázka nevyužitého potenciálu k úsporám energií v průmyslu – potrubí s poškozenou nebo zcela chybějící izolací s povrchovou teplotou 320 °C; navíc hrozí riziko popálení



1. Výpočet funkčního parametru

$$I = f \cdot (t_m - t_a) \cdot \tau = 1,0 \cdot (75 - 5) \cdot 222 \cdot 24 \cdot 3600 = 1,34 \cdot 10^9$$

=> izolační třída 4

2. Požadavek na součinitel prostupu tepla

$$U = 1,5 \cdot d_e + 0,16 = 1,5 \cdot 0,038 + 0,16 = 0,22 \quad \text{W/m.K} \quad (3)$$

V tab. 10 je dále proveden výpočet nutné tloušťky izolace pro průměry potrubí DN 10 až DN 200 a porovnání s příslušnými požadovanými hodnotami U a tloušťkami izolace podle tohoto kritéria podle vyhlášky č. 193/2007 Sb.

V normě je pak dále uvedena tabulka minimálních izolačních tlouštěk, které splňují požadavky izolačních tříd 1 až 6, a to pro čtyři hodnoty součinitele tepelné vodivosti (viz tab. 11). Podobně jako u rakouské normy ÖNORM H 5155 se i zde předpokládá hodnota součinitele přestupu tepla z vnějšího povrchu tepelné izolace $9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Součinitel tepelné vodivosti λ je vypočítán na základě průměrné teploty v průběhu provozní doby.

V současné době je v České republice platná vyhláška č. 193/2007 Sb. i norma ČSN EN 12828. Obě pracují s kritériem součinitele prostupu tepla, hodnoty ale nekorespondují. Hodnoty dané vyhláškou jsou závazné, kolizní hodnoty uvedené v normě jsou doporučené a kromě toho platí pouze pro izolaci teplovodních systémů. Výhoda systému izolačních tříd je do budoucna v poměrně snadné začlenitelnosti do systému posuzování budov formou klasifikačních tříd energetické náročnosti budov.

(C) ČSN 07 0620 (KONSTRUKCE A VÝSTROJ KOTLŮ)

Tato norma platí pro konstrukci horkovodních a parních kotlů a jejich příslušenství, ve kterých je teplota pracovní látky vyšší než $115 \text{ }^\circ\text{C}$. Kritérium pro návrh tloušťky izolace je jediné – zajistit na vnějším povrchu izolace povrchovou teplotu maximálně $50 \text{ }^\circ\text{C}$ při teplotě vzduchu $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Při jiné teplotě okolního vzduchu je přípustný rozdíl mezi teplotou vnějšího povrchu izolace a okolního vzduchu maximálně 25 K , tedy stejné znění jako předepisuje vyhláška č. 193/2007 Sb. pro teplotu látky vyšší než $115 \text{ }^\circ\text{C}$ s tím rozdílem, že norma toto kritérium požaduje u vnitřních i venkovních zařízení či rozvodů, na rozdíl od vyhlášky, která hovoří pouze o vnitřních rozvodech.

Kritická jsou zejména místa tepelných mostů, která je problematické izolovat tak, aby byl požadavek splněn. V normě je proto uvedena klauzule, že místa s vyšší teplotou povrchu než $70 \text{ }^\circ\text{C}$ je nutné chránit proti doteku osob, např. mechanickými úpravami, které zabrání dotyku osob s horkým povrchem. O tom, že se to v praxi ne vždy podaří, svědčí obr. 10. Německý ekvivalent této ČSN, norma AGI Q 101 (izolování elektrárenských komponent) požaduje vyšší bezpečnost – povolená maximální povrchová teplota je pouze $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

Norma ČSN 07 0620 pochází z roku 1977, bohužel ani v ní není věnována podrobnější pozornost oblasti tepelných ztrát potrubí, která je z hlediska rozsahu izolovaných ploch snad o něco menší, avšak intenzitou tepelných toků a významem dopravovaných látek zcela určitě nezanedbatelná. Jedná se např. o parní potrubí v energetice, dálkové produktovody, technologické rozvody v hutích, těžké chemii, ale i v potravinářství a různých průmyslových závodech. Kvůli velkému teplotnímu gradientu mezi teplotou pracovní látky a okolním vzduchem je potenciál úspor energií značný. Správně navržený izolační systém umožňuje přispět k hospodárnému nakládání s energiemi a to bezkonkurenčně nejvýhodněji v porovnání s ostatními úspornými opatřeními (návratnosti do izolací se pohybují řádově v měsících).

Tab. 11 Ukázka tabulkového nalezení tloušťky izolace v závislosti na součiniteli prostupu tepla [9]

d_e [mm]	Izolační třída 1					Izolační třída 2				
	U_L [W/m-K]	I [W/m-K]				U_L [W/m-K]	I [W/m-K]			
		0,03	0,04	0,05	0,06		0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,25	1	3	6	11	0,23	2	5	8	14
20	0,29	5	7	11	16	0,25	7	12	19	27
30	0,32	8	12	17	23	0,28	11	17	25	36
40	0,35	10	14	20	28	0,30	14	21	30	42
60	0,42	12	18	26	37	0,36	17	26	37	50
80	0,48	14	22	31	41	0,41	20	29	41	54
100	0,55	15	23	32	44	0,46	22	32	43	57
200	0,88	19	26	35	46	0,72	27	37	49	62
300	1,21	21	29	39	50	0,98	28	39	51	64
rovinný	(1,17)	22	30	37	45	(0,88)	31	41	51	62

d_e [mm]	Izolační třída 3					Izolační třída 4				
	U_L [W/m-K]	I [W/m-K]				U_L [W/m-K]	I [W/m-K]			
		0,03	0,04	0,05	0,06		0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,20	4	7	13	20	0,18	6	11	19	31
20	0,22	10	17	26	38	0,19	13	23	36	56
30	0,24	14	23	35	50	0,21	19	31	49	72
40	0,26	18	28	41	58	0,22	24	38	58	84
60	0,30	23	35	50	69	0,25	30	47	70	99
80	0,34	26	39	55	74	0,28	35	54	77	107
100	0,38	29	42	59	78	0,31	38	58	82	112
200	0,58	35	50	66	85	0,46	47	68	92	120
300	0,78	38	53	69	86	0,61	51	72	95	122
rovinný	(0,66)	42	56	70	84	(0,49)	58	77	96	116

d_e [mm]	Izolační třída 5					Izolační třída 6				
	U_L [W/m-K]	I [W/m-K]				U_L [W/m-K]	I [W/m-K]			
		0,03	0,04	0,05	0,06		0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,15	9	17	29	49	0,13	13	22	40	62
20	0,16	18	33	54	86	0,14	25	36	70	110
30	0,17	16	45	71	111	0,14	35	57	94	148
40	0,18	32	54	85	128	0,15	43	68	110	156
60	0,21	41	67	102	150	0,17	60	90	138	210
80	0,23	48	76	113	162	0,18	70	108	155	240
100	0,25	53	82	120	169	0,20	75	115	165	260
200	0,36	65	97	134	178	0,28	83	133	180	280
300	0,47	71	102	137	178	0,36	89	149	223	290
rovinný	(0,35)	82	110	137	165	(0,22)	133	177	222	266

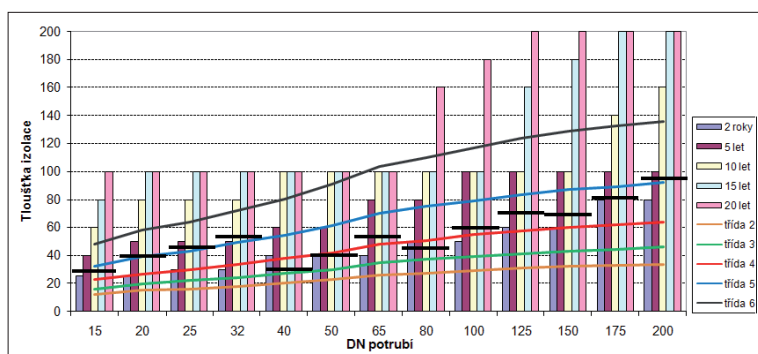
U_L = lineární součinitel prostupu tepla potrubí W/m-K – pro rovinné plochy je součinitel prostupu tepla počítán ve W/m²-K;
 I = součinitel tepelné vodivosti izolačního materiálu ve W/m-K;
 d_e = vnější průměr potrubí v mm;
 Rovinný = tyto hodnoty platí pro rovinné plochy.

JAK DÁL S NOVELIZACÍ VYHLÁŠKY č. 193/2007 Sb.?

Směrnice se zaměřením, jaké představuje vyhláška č. 193/2007 Sb. by měla být pro obor techniky prostředí a pro hospodaření teplem klíčovým předpisem. Předchozí kapitoly tohoto příspěvku však tento požadavek nepotvrdily. Ukázaly, že je problematické určit typ kritéria, podle kterého by se návrh tloušťky izolace řídil, aby vycházely takové tloušťky, které mají logickou posloupnost pro všechny používané dimenze potrubí a napříč spektrem možných provozních teplot. Zřejmě je stejně nesnadné, aby vypočítaná tloušťka izolace byla prakticky realizovatelná na stavbě.

Platnou vyhláškou požadované hodnoty součinitele prostupu tepla U neodpovídají energetickým úsporám, které se vyhláška snaží docílit. Zejména investoři a zadavatelé projektů se na vyhlášku odvolávají, a pokud jim projektant navrhne tloušťku izolace podle stávajících kritérií, tak je mnohdy překvapen nejenom samotný projektant, ale i zadavatel. Navíc převážná většina stavebních konstrukcí rozměrově neodpovídá prostorové náročnosti více zaizolovaných rozvodů! Instalační šachty jsou mnohdy rozměrově navrženy stěží pro potrubí, natož pro potrubí s izolací a o nutnosti dodržení minimálních odstupových vzdáleností nemůže být ani řeč.

Značný chaos dokládají také hodnoty v tab. 12. Jsou zde porovnány požadované tloušťky izolace pro rozměry potrubí do DN 200 a to podle vyhlášky č. 193/2007 Sb., dle izolačních tříd definovaných normou



Obr. 11 Průběh tloušťky izolace dle izolačních tříd stanovených v ČSN EN 12 828 barevnými křivkami, požadavek vyhlášky č. 193/2007 Sb. vyneseno černými vodorovnými „stupni“, ekonomická tloušťka izolace uvedena ve sloupcích.

ČSN EN 12 828 a podle požadavku na maximální hustotu tepelného toku 150 W/m^2 . Pro zajímavost jsou pak tloušťky srovnány s ekonomickou tloušťkou izolace počítanou postupně pro odpisovou dobu 2, 5, 10, 15 a 20 let.

Z průběhu je patrné, že aktuální požadavek vyhlášky leží mezi izolačními třídou 4 a 5. Křivka 2 a 3 je v dnešní době v podstatě překonaná a její použití by mělo smysl max. u potrubí vedených ve zdi, v prostupech, při křížení potrubí, apod. Naopak křivka 6 je zejména u malých průměrů potrubí dosti nadhodnocená a dostává se do oblasti prakticky obtížně realizovatelné tloušťky (několikanásobně zvětšuje průměr izolovaného potrubí oproti potrubí bez izolace – potrubí DN 15 by mělo vnější průměr po zaizolování 118 mm!).

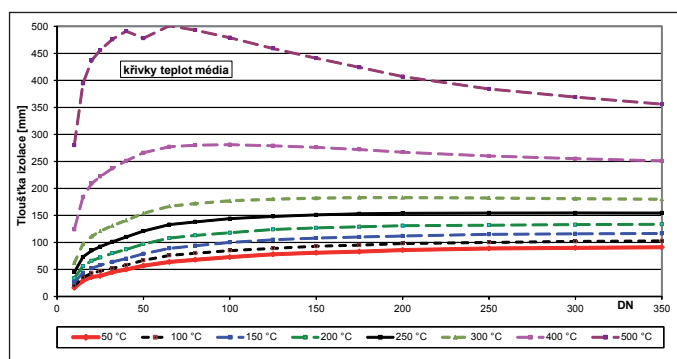
Tab. 12 Tloušťka izolace vypočítaná podle příslušného kritéria pro otopnou vodu o teplotě 75°C

Dimenze potrubí	DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200
Vyhláška 193/2007 Sb.		22	30	40	45	55	30	40	55	45	60	70	67	80	95
Izolační třída podle ČSN EN 12828	2	6	12	15	16	18	20	23	26	27	29	31	32	33	34
	3	9	16	20	22	24	27	30	35	37	39	41	43	44	46
	4	12	23	27	30	34	38	42	48	51	55	58	60	62	64
	5	18	32	39	43	49	54	61	70	75	79	83	87	89	92
	6	28	48	58	64	72	80	91	104	110	117	124	129	133	136
Max. tepelná ztráta q	150 W/m^2	9	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Odpisová doba n , v letech, pro výpočet ekonomické tloušťky izolace	2		25	25	30	30	40	40	40	50	50	60	60	80	80
	5		40	50	50	50	60	60	80	80	100	100	100	100	100
	10		60	80	80	80	100	100	100	100	100	100	100	140	160
	15		80	100	100	100	100	100	100	100	100	160	180	200	200
	20		100	100	100	100	100	100	100	160	180	200	200	200	200

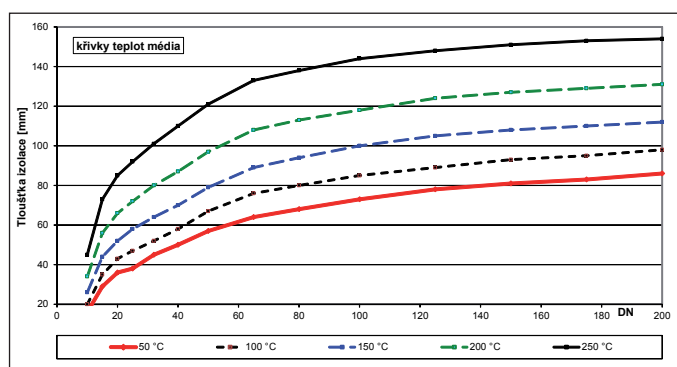
Tab. 13 Tloušťka izolace u jednotlivých dimenzí potrubí pro izolační třídu 5 v závislosti na teplotě látky

Dimenze potrubí	DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	350
Vnější průměr potrubí	d_e [mm]	12	22	28	32	38	45	57	76	89	108	133	159	185	219	273	324	377
Teplota pracovní látky	50	16	29	36	38	45	50	57	64	68	73	78	81	83	86	89	90	91
	100	20	35	43	47	52	58	67	76	80	85	89	93	95	98	100	102	103
	150	26	44	52	58	64	70	79	89	94	100	105	108	110	112	115	116	117
	200	34	56	66	72	80	87	97	108	113	118	124	127	129	131	132	133	134
	300	62	97	111	121	131	141	154	167	172	177	180	182	183	183	182	181	180
	400	124	184	209	222	237	251	266	277	280	281	279	276	272	267	260	255	251
	500	280	394	437	456	476	491	478	501	493	479	459	441	424	407	384	369	356

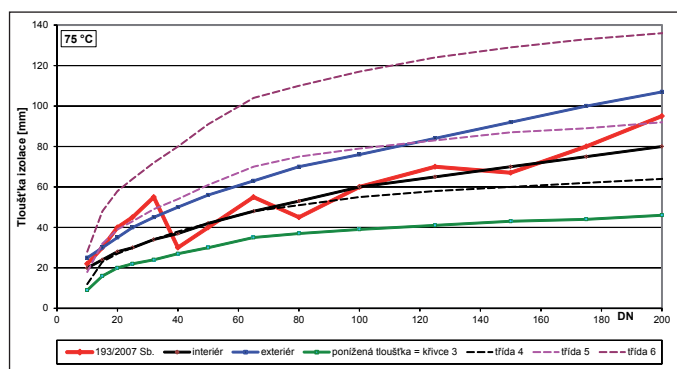
Okrajové podmínky výpočtů: izolační pouzdra z minerální vlny, teplota okolního vzduchu $t_e = 10^\circ\text{C}$, emisivita = 0,18, cena tepla 1,2 Kč/kWh (333 Kč/GJ).



Obr. 12 Závislost tloušťky izolace na teplotě média pro izolační třídu 5 podle ČSN EN 12828



Obr. 13 Detail průběhu tloušťky izolace pro izolační třídu 5 podle ČSN EN 12828 pro oblast TZB (teplotu média do 250 °C)



Obr. 14 Jedna z možností, jak by mohl vypadat ideální průběh tloušťky izolace dle zjednodušených třech izolačních tříd prostupu tepla (interiér, exteriér a ponížená, která by mohla být rovna stávající izolační křivce 3 podle ČSN EN 12828).

Kritérium izolační třídy podle ČSN EN 12 828 je určeno pro teplovodní otopné soustavy. Nabízí se otázka, zda by se takto definované křivky daly převzít i pro vyšší teploty, aby byly použitelné pro horkovody a parovody, u kterých je potenciál úspor energií nejvyšší. Teplo je u těchto rozvodů navíc nenávratně ztraceno do okolního prostředí a tedy nevyužito v tepelné bilanci objektu.

V tab. 13 a na grafu na obr. 12 je vidět průběh vypočtené tloušťky izolace pro potrubí do DN 350 pro teploty pracovní látky 50 až 500 °C pro izolační třídu 5 podle ČSN EN 12 828.

Z tabulky 13 a grafu na obr. 12 je patrné, že normou definované křivky mají omezenou teplotní použitelnost a jsou vhodné pouze pro TZB aplikace, ne pro průmysl. S dalším zvyšováním teploty se totiž s vypočtenými tloušťkami izolace dostáváme do nereálné oblasti. Tedy teploty pracovní látky do 250 °C, TZB rozvody (HVAC), by se mohly řídit defi-

novanými izolačními třídami (obr. 13), vyšší pracovní teploty standardně spadají do oblasti průmyslových aplikací.

Z celkové analýzy vyplývá, že systém izolačních tříd popsáný v normě ČSN EN 12 828 by sice byl velký posun vpřed ve srovnání s aktuálními hodnotami U stanovenými vyhláškou č. 193/2007 Sb., ale i zde se nachází potenciál k vylepšení tohoto kritéria. Řešení by se totiž dalo více přiblížit praxi. Z praktického hlediska by v podstatě stačilo definovat součinitel prostupu tepla pro 3 izolační třídy (viz graf na obr. 14):

- ☐ exteriér (křivka blízká průběhu křivky 5, u větších dimenzí potrubí by se blížila ke křivce č. 6),
- ☐ interiér (křivka by u malých potrubí korespondovala s křivkou 4 a se vzrůstajícím průměrem by se blížila ke křivce č. 5),
- ☐ ponížená tloušťka pro potrubí vedené ve zdi, při průchodu potrubí stropem, při křížení potrubí, ve spojovacích místech, apod.

U chladicích rozvodů je nutnost změny v přístupu návrhu daných vyhláškou č. 193/2007 Sb. nejmarkantnější. Tyto rozvody v převážné většině případů pracují s podstatně menším teplotním gradientem mezi teplotou média a teplotou okolí (běžně do 20 K), než je tomu u tepelných soustav. Jako prvořadé kritérium musí zůstat návrh tloušťky z hlediska zamezení povrchové kondenzace, tzn. zvýšit povrchovou teplotu nad teplotu rosného bodu okolního vzduchu. Toto samotné kritérium však bude zároveň hospodárné pouze u prostorů s vysokou relativní vlhkostí vzduchu nebo u rozvodů kryogenních. Ve většině případů se tedy musí zvolit druhé doplňkové kritérium, které zamezí zbytečnému plýtvání ve strojovně vyrobeného chladu.

Zajímavou možností by bylo převzít tloušťky izolací daných rakouskou normou ÖNORM H 5155. Jak si ukážeme na následujícím příkladě, použitelné se jeví i izolační křivky definované v ČSN EN 12 828.

Příklad: Chladicí potrubí DN 25 s teplotním rozdílem 6/12 °C vede chodbou kancelářské budovy s výpočtovou teplotou +28 °C a relativní vlhkostí 60 %. Chlazení je v provozu 5 měsíců v roce 12 hodin denně, po zbytek roku v průměru 6 hod denně.

1. Výpočet funkčního parametru

$$I = f \cdot (t_m - t_a) \cdot \tau =$$

$$= 1,0 \cdot (28 - 6) \cdot \left(\frac{5}{12} \cdot 365 \cdot 12 \cdot 3600 + \frac{7}{12} \cdot 365 \cdot 6 \cdot 3600 \right) = 0,25 \cdot 10^9$$

=> izolační třída 2

2. Požadavek na součinitel prostupu tepla

$$U = 2,6 \cdot d_e + 0,20 = 2,6 \cdot 0,032 + 0,20 = 0,28 \quad \text{W/m.K}$$

=> nutná tloušťka izolace 16 mm

V tab 14. je provedeno srovnání nutné tloušťky izolace pro průměry potrubí DN 10 až DN 200 a to pro:

- ☐ hodnoty U pro izolační třídu 2,
- ☐ hodnoty U dané vyhláškou č. 193/2007 Sb.,
- ☐ splnění požadavků daných rakouskou normou ÖNORM H 5155,
- ☐ zabránění povrchové kondenzace.

Z ukázky je patrné, že tloušťka izolace z hlediska prostého zamezení povrchové kondenzace je pro běžné relativní vlhkosti velmi podceněná. Naopak tloušťka podle vypočítané izolační třídy je velmi podobná požadavku rakouské normy ÖNORM H 5155 a nejbližší praxi. Požadavek daný současnou vyhláškou je nereálný.

Vzhledem ke skutečnosti, že u chladicích rozvodů je mezi teplotou média a teplotou okolního vzduchu malý teplotní gradient, budou v praxi vycházet spíše nižší izolační třídy 2 a 3. Zohlednění větší energetické

náročnosti vyrobiteľnosti chladu by šlo pro teploty média nižší než +5 °C snadno docílit předepsáním o jednu vyšší izolační třídu.

V Dánsku závazná norma DS 425, která přejala evropský systém 6 izolačních tříd definovaný v EN 12 828, u chladicích rozvodů předepisuje izolační křivku 4, pro teploty nižší než +5 °C dokonce nejpřísnější třídu 6.

Oblast průmyslu

U průmyslových aplikací (pro teploty nad 250 °C) je jednou z možností, jak využít potenciálu pro úspory ve větší míře, zpřísnit kritérium povrchové teploty. V současné době platí pouze kritérium maximálního teplotního rozdílu mezi teplotou vzduchu a povrchovou teplotou potrubí 25 K dané normou ČSN 07 0620. Tento teplotní gradient pochází z roku 1977 a má význam pouze jako ochrana před rizikem popálení, jeho použitím není zohledněno hospodárnější nakládání s energiemi.

ZÁVĚR

Príspevek se pokusil ukázat některé kritické pohledy na stav současných právních předpisů, které by měly sloužit k regulaci vymezené oblasti hospodaření s energií a dále některé přístupy k této problematice v sousedních zemích. Podle autorových informací se po 7 letech platnosti vyhlášky č. 193/2007 Sb. na závěr roku 2014 chystá její novelizace, čímž by se uzavřela novelizace celého balíku prováděcích vyhlášek k energetickému zákonu č. 318/2012 Sb.

V souvislosti s tím byly naznačeny možné cesty, kterými se lze vydat při hledání úsporných opatření. Uváděné podklady jsou však zaměřeny převážně na problematiku vytápění budov a zásobování teplem. Naproti tomu problematika velkokapacitních rozvodů a problematika zásobo-

vání teplem látkami s vysokými teplotami není prvořadým předmětem pozornosti zmíněných předpisů. Přitom právě tato oblast je z hlediska energetických úspor beze sporu významná.

Kontakt na autora: vit.kov@email.cz

Použitá literatura:

- [1] EnEV. Energieeinsparverordnung 2009.
- [2] KASPAREK, G., 150 W/m² = Energieverschwendung? *Isoliertechnik*. 2011, č. 1, s. 8-16
- [3] ASHRAE. *ASHRAE Handbook 2005 - Fundamentals*. Chapter 26 – Insulation for Mechanical Systems. USA, Atlanta: ASHRAE, Inc., 2005. ISBN 1-931862-71-0.
- [4] BFA WKS. *Hohe Rentabilität bei umweltgerechten Isolierschichtdicken*. Technischer Brief Nr. 6.
- [5] ÖNORM H 5155. *Wärmedämmung von Rohrleitungen und Komponenten von haustechnischen Anlagen*.
- [6] Vyhláška č. 282/2012 Z.z., kterou sa ustanovujú technické požiadavky na tepelnú izoláciu rozvodov tepla a teplej vody.
- [7] Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.
- [8] Vyhláška č. 151/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie.
- [9] ČSN EN 12828. *Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav*. 2013.
- [10] KOVERDYNSKÝ, V. Nová vyhláška č. 193/2007 Sb. Jaké změny přináší pro obor technických izolací? *Topenářství instalace*. 2007, 41. ročník, č. 8, s. 60-62. ISSN 1211-0906.
- [11] ČSN 730540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 2011.
- [12] ČSN 070620. *Konstrukce a výstroj parních a horkovodních kotlů*. 1978. ■

Tab. 14 Srovnání tloušťky izolace chladicího rozvodu podle různých hledisek

Jmenovitá světlost potrubí DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
Vnější průměr potrubí d_e [mm]	17	21	27	34	42	48	60	76	89	114	140	168	219
U pro izolační třídu 2 [W/(m·K)]	0,24	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,36	0,40	0,43	0,50	0,56	0,64	0,77
Tloušťka izolace pro třídu 2 [mm]	10	12	14	17	19	22	23	26	28	30	32	33	34
U podle vyhlášky 193/2007 Sb. [W/(m·K)]	0,15	0,15	0,18	0,18	0,18	0,27	0,27	0,27	0,34	0,34	0,34	0,40	0,40
Tloušťka izolace dle vyhlášky [mm]	28	35	33	40	50	30	36	48	40	50	65	58	82
Tl. izolace podle ÖNORM H 5155 [mm]	13	19	19	19	25	25	25	32	32	32	32	32	32
Tloušťka izolace proti kondenzaci [mm]	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7

Tab. 15 Využití nižšího teplotního rozdílu Δt pro návrh hospodárnější tloušťky izolace v průmyslových aplikacích s teplotou média nad 250 °C

Jmenovitá světlost	DN	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	350	plocha
Teplota pracovní látky [°C]	250	$\Delta t = 15$ K	78	83	87	93	101	106	113	120	126	132	139	148	155	149
	300		103	108	114	122	133	139	147	156	165	173	181	193	203	203
	400		162	170	178	191	207	217	229	244	257	269	282	300	284	338
	500		239	250	262	279	302	316	334	354	357	350	364	382	397	518
	250	$\Delta t = 20$ K	57	60	63	67	73	77	82	87	91	95	100	106	112	101
	300		75	78	82	89	97	101	107	114	120	126	132	140	147	138
	400		118	124	130	139	151	159	168	179	188	197	207	221	232	231
	500		173	182	190	204	221	231	245	260	274	287	282	286	296	355
	250	$\Delta t = 25$ K	44	46	49	52	57	60	63	67	70	74	77	82	86	74
	300		58	61	64	69	75	79	83	89	93	98	102	109	114	102
	400		92	96	101	109	118	124	131	140	148	154	162	173	182	172
	500		135	142	149	159	173	181	192	204	215	225	237	233	235	264
	600		190	199	209	223	242	253	268	284	299	281	291	306	317	386