

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hošna** Jméno: **Filip** Osobní číslo: **491247**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
Studijní program: **Inteligentní budovy**
Specializace: **Bez specializace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Výkonové charakteristiky stěnové otopné plochy

Název diplomové práce anglicky:

Heat Power Characteristics of a Wall Heating Surface

Pokyny pro vypracování:

V teoretické rešeršní části práce se zabývejte převážně sálavým způsobem vytápění a vypracujte přehled různých způsobů provedení stěnové otopné plochy. V praktické části se zaměřte na zmapování výkonových parametrů jednotlivých způsobů provedení a souhrnně je graficky vyhodnoťte pro základní typické způsoby provedení stěnové otopné plochy. Pro suchý a mokrý způsob pokládky proveďte teoretický rozbor vlivu změny konstrukčních parametrů na měrný tepelný výkon.

Seznam doporučené literatury:

Bašta, J.: Velkoplošné sálavé vytápění. Grada Publishing, a.s., Praha 2010, 128s., ISBN 978-80-247-3524-5.
Bašta, J.: Regulace v technice prostředí staveb. Česká technika, nakladatelství ČVUT, Praha 2014, 194s., ISBN 978-80-01-05455-0
Bašta, J.: Otopné plochy Otopná tělesa. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2016. 204 s. ISBN 978-80-01-05943-2.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D. ústav techniky prostředí FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **08.04.2024**

Termín odevzdání diplomové práce: **06.06.2024**

Platnost zadání diplomové práce:


prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

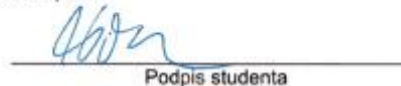

doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis oškanařky

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.


Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Souhrn

Diplomová práce se věnuje stěnovému sálavému vytápění a vlivu parametrů na výkon. V teoretické části jsou popsány důležité pojmy a veličiny ve vytápění, sálavé stěnové vytápění a stručný popis dvou základních skupin stěnového vytápění rozdělené podle způsobu pokládky.

V praktické části jsou zmíněni někteří výrobci, jejich konstrukce a montážní postupy. Zároveň jsou graficky znázorněny výkonové charakteristiky výrobců za definovaných podmínek. V práci je také popsán vliv některých konstrukčních parametrů na výsledný měrný tepelný tok.

Summary

The thesis focuses on wall radiant heating and the impact of parameters on performance. The theoretical part describes important concepts and quantities in heating, radiant wall heating, and a brief overview of the two basic groups of wall heating divided according to the installation method.

The practical part mentions some manufacturers, their designs, and installation procedures. Performance characteristics of the manufacturers under defined conditions are also graphically illustrated. The thesis also describes the impact of certain construction parameters on the resulting specific heat flux.

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Výkonové charakteristiky stěnové otopné plochy“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jiřího Bašty, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 25.04.2024

.....

Bc. Filip Hořna

OBSAH

| | |
|--|----|
| Soupis použitého značení..... | 5 |
| 1. Úvod..... | 6 |
| 2. Tepelná pohoda a veličiny, které ji ovlivňují..... | 7 |
| 3. Stěnové vytápění..... | 12 |
| 3.1. Suchý způsob..... | 12 |
| 3.2. Mokrý způsob..... | 13 |
| 4. Praktická část..... | 13 |
| 4.1. Rozbor suchých systémů..... | 13 |
| 4.1.1. Rehau..... | 14 |
| 4.1.2. Kermi..... | 18 |
| 4.1.3. Roth Werke..... | 21 |
| 4.1.4. Univeta..... | 26 |
| 4.1.5. Uponor..... | 28 |
| 4.2. Zhodnocení mokrých systémů..... | 30 |
| 4.2.1. Rehau..... | 30 |
| 4.2.2. Kermi..... | 35 |
| 4.2.3. Roth Werke..... | 37 |
| 4.2.4. Univeta..... | 41 |
| 4.2.5. Uponor..... | 42 |
| 4.3. Zhodnocení vlivu překryvné vrstvy..... | 44 |
| 4.3.1. Vliv překryvné vrstvy pro suchý způsob..... | 44 |
| 4.3.2. Vliv překryvné vrstvy pro mokrý způsob..... | 46 |
| 4.4. Porovnání systémů jednotlivých výrobců..... | 50 |
| 4.4.1. Zhodnocení systémů se suchým způsobem pokládky..... | 50 |
| 4.4.2. Porovnání systémů s mokrým způsobem pokládky..... | 52 |
| 5. Diskuze..... | 55 |
| 6. Závěr..... | 56 |
| Seznam použitých zdrojů..... | 57 |
| Přílohy..... | 58 |

Soupis použitého značení

| | | |
|----------------|-----------------------|--|
| d | [m] | Vnější průměr potrubí otopného hadu |
| d_A | [m] | Šířka překryvné vrstvy nad potrubím |
| k_m | [-] | konstanta vzorku (otopného tělesa, plochy) |
| m | [m ⁻¹] | Charakteristické číslo otopné plochy |
| n | [-] | Teplotní exponent |
| \dot{q} | [W/m ²] | Měrný tepelný tok |
| R_{XA} | [m ² *K/W] | Tepelný odpor překryvné vrstvy |
| T_{ir} | [K] | Teplota okolního povrchu |
| T_m | [K] | Střední teplota vody otopného okruhu |
| t_g | [°C] | Teplota kulového teploměru |
| t_i | [°C] | Teplota vzduchu interiéru |
| t_r | [°C] | Střední radiační teplota |
| VA | [cm] | Rozteč potrubí |
| v_a | [m/s] | Rychlost proudícího vzduchu v místnosti |
| α_k | [W/m ² *K] | Součinitel přestupu tepla konvekcí |
| α_s | [W/m ² *K] | Součinitel přestupu tepla sáláním |
| Λ_a | [W/m ² *K] | Tepelná propustnost vrstev nad trubkami |
| Λ_b | [W/m ² *K] | Tepelná propustnost vrstev pod trubkami |
| λ_d | [W/m*K] | Součinitel tepelné vodivosti materiálu, ve kterém je uložené potrubí |
| λ_{XA} | [W/m*K] | Součinitel tepelné vodivosti překryvné vrstvy omítky/sádrokartonu |
| φ_{ri} | [-] | úhlový faktor mezi osobou a plochou |
| ΔT | [°C; K] | Rozdíl střední teploty vody a teploty vzduchu v místnosti |

1. Úvod

Teoretická část diplomové práce se věnuje převážně sálavému způsobu vytápění sálavými otopnými stěnami. U tohoto způsobu vytápění převažuje sdílení tepelného toku právě sáláním, což v principu znamená, že se primárně ohřejí okolní stěny a sekundárně vzduch. Vzduch je následně ohříván i osálanými stěnami. Tím se liší od konvekčního způsobu vytápění, kdy dominantní složka sdílení tepelného toku je konvekce.

Stěnové vytápění má podíl sálavé složky 65 % a díky nízkým povrchovým teplotám nevznikají výrazné konvekční proudy vzduchu, čímž se stává stěnové vytápění zajímavé nejen úsporou energie na ohřev vody, ale i ze zdravotního hlediska pro lidi s problematictější dýcháním z důvodu citlivosti na prachové částice.

Úspora energie je způsobena díky nižším nárokům na teplotu přírodní vody, která z pravidla dosahuje maximálně 55°C. Vyšší teploty se na trhu vyskytují minimálně, protože při překročení této teploty dochází ke zdravotním rizikům, která jsou nežádoucí.

Dalším důležitým ukazatelem této technologie je operativní teplota, což je vážený průměr teplot vzduchu a střední radiační teploty přes součinitele přestupu tepla konvekcí a radiací. Od tohoto parametru se odvíjí pocit tepelné pohody.

Systemy stěnového vytápění jsou podrobně rozebrány dále, jedná se však o mokrý způsob, kdy je otopný had přichází přímo do kontaktu s omítkou na vnitřní straně stěny, a suchý způsob, kdy ke kontaktu nedochází díky třem různým způsobům montáže, které jsou popsány dále. Stěnové vytápění má velké využití u pasivních a nízkoenergetických domů, které mají kvalitní zateplení a nižší nároky na výkon otopné soustavy. Jako zajímavá kombinace technologií se jeví stěnového vytápění s tepelným čerpadlem nebo kondenzačním kotlem.

V praktické části jsou zmapovány výkonové parametry jednotlivých způsobů provedení různých výrobců. Jsou graficky vyhodnoceny a dále byl proveden teoretický rozbor vlivu změny konstrukčních parametrů na měrný tepelný výkon. Konstrukčním parametrem může být například rozteč otopného hadu nebo tloušťka omítky, která má na sdílený měrný tepelný výkon rovněž podstatný vliv.

2. Tepelná pohoda a veličiny, které ji ovlivňují

Hlavním úkolem je zajištění tepelné pohody pro obyvatele. Nejedná se pouze o bytové nebo domovní prostory, tepelnou pohodu je třeba zajistit i v komerčních nebo průmyslových prostorech, jako jsou kanceláře, obchodní centra a výrobní haly. Pro tepelnou pohodu je třeba udržovat příjemné a konstantní teploty v interiéru, která zajišťuje komfort a zároveň chrání obyvatele před nepříznivými vlivy chladného počasí. Toho je docíleno dodávkou tepla. Také by se dalo říci, že tepelná pohoda je takový stav, kdy je odebírán tepelný tok, který nezpůsobí člověku pocit chladu nebo horka.

Tepelnou pohodu nejvíce ovlivňuje:

- Teplota vzduchu,
- Střední radiační teplota,
- Proudění vzduchu,
- Vertikální a horizontální teplotní profil.

Teplota vzduchu

Teplota vzduchu v místnosti se z pravidla označuje jako t_i a je udávána ve °C. Obvykle se měří digitálním teploměrem, který by měl být umístěn v zastíněné části místnosti, aby se minimalizoval vliv venkovního světla na měření.[1]

Střední radiační teplota

To je teplota všech okolních ploch, při které by bylo celkové množství tepla sdílené sáláním mezi povrchem těla a okolními plochami stejné jako ve skutečnosti. Je definována dle rovnice:

$$t_r = \sqrt[4]{\sum \varphi_{ri} * T_{ir}^4} - 273 \quad (1)$$

φ_{ri} – úhlový faktor mezi osobou a plochou,

T_{ir} – teplota okolního povrchu [K].

V praxi může být střední radiační teplota vypočítána z výsledné teploty kulového teploměru a suché teploty vzduchu podle vztahu:

$$tr = [(t_g + 273)^4 + 2,9 * 10^8 * v_a^{0,6} * (t_g - t_i)]^{0,25} - 273 \quad (2)$$

v_a – rychlost proudění vzduchu [m/s],

t_g – teplota kulového teploměru [°C].

Vztah platí pouze pro kulový teploměr o průměru 10 cm.[1] [2]

Operativní teplota

Je to jednotná teplota černého uzavřeného prostoru, ve kterém by lidské tělo sdílelo konvekci i radiaci stejné množství tepla jako ve skutečném nehomogenním prostředí. Operativní teplota je váženým průměrem teploty vzduchu a střední radiační teploty podle odpovídajících součinitelů přestupů tepla prouděním a sáláním. Je obvykle označovaná t_o a udávána ve °C. [1]

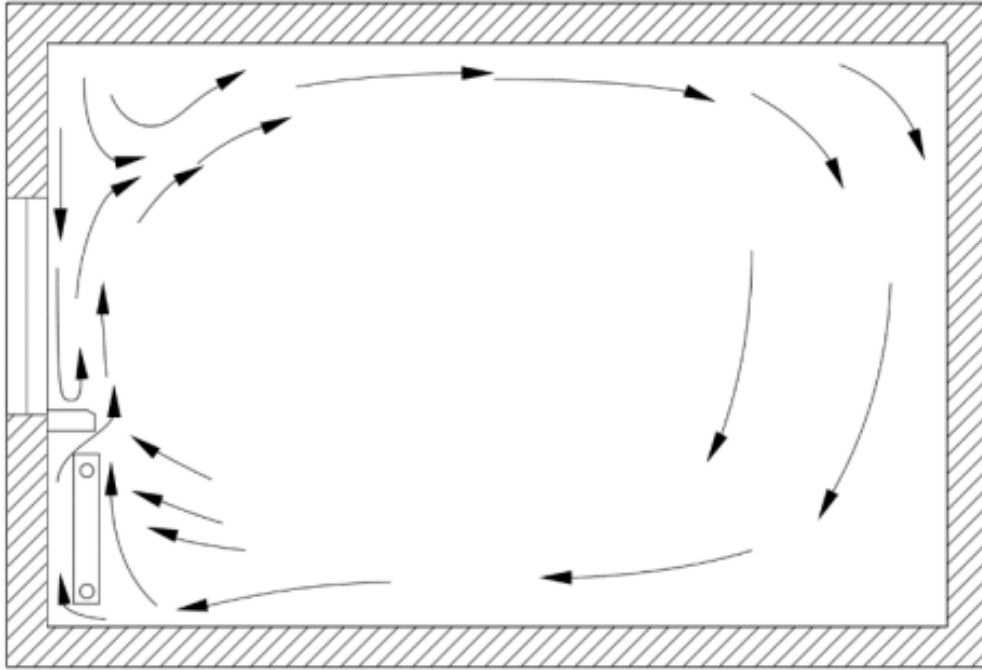
$$t_g = \frac{\alpha_k * t_i + \alpha_s * t_r}{\alpha_k + \alpha_s} \quad (3)$$

α_k – Součinitel přestupu tepla konvekci [W/m²K],

α_s – Součinitel přestupu tepla sáláním [W/m²K].

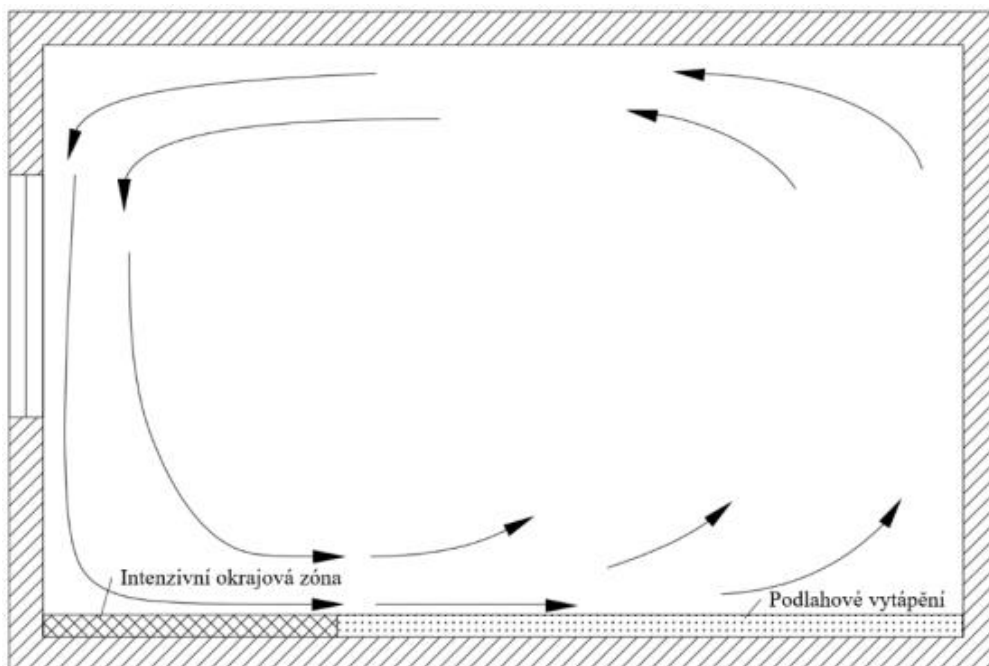
Proudění vzduchu

Proudění vzduchu je ovlivněno způsobem vytápění. Převážně u konvekčního vytápění, které se zpravidla provozuje otopnými tělesy umístěnými na ochlazovací stěně místnosti, ideálně pod okny, dochází k vytvoření pomyslné bariéry teplého vzduchu, která zabraňuje chladným padajícím proudům proniknout do místnosti. Aby však pomyslná bariéra byla nejefektivnější, otopné těleso nebo sada těles je umístěna v celé délce okna. [1]



Obr. 1 Schéma proudění vzduchu konvekčního vytápění deskovým tělesem [1]

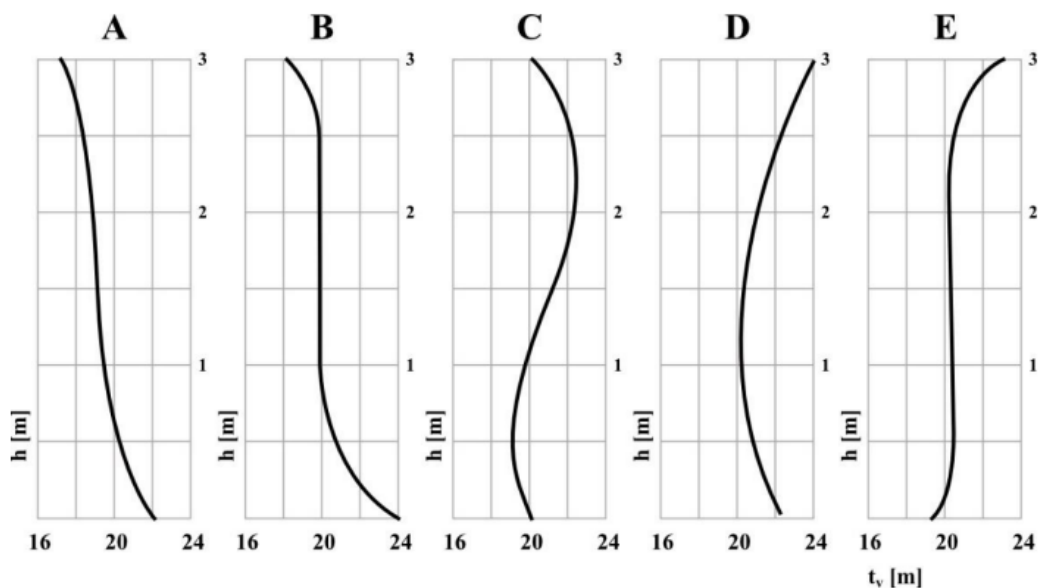
U převážně sálavého vytápění, které se v určitých případech provozuje tělesem s větší otopnou plochou, ale zpravidla technologií integrovanou ve stěnách, podlaze nebo stropu, může docházet k odlišnostem. Například u podlahového vytápění s intenzivní okrajovou zónou se padající studené proudy vzduchu od okna dostávají dále do místnosti. Tyto padající studené proudy se ohřejí a stoupají vzhůru. [1]



Obr. 2 Schéma proudění vzduchu s podlahovým vytápěním [1]

Vertikální teplotní profil

Tento profil je velmi klíčový při posuzování tepelné pohody člověka v místnosti. Na obr. 3 jsou znázorněny vertikální profily různých způsobů vytápění a ideální vertikální průběh. Obecně je pro člověka pohodlné, když je průběh rovnoměrný, což standartní konvekční vytápění nesplňuje a k výkyvům dochází. Dále je pro člověka příjemné, když je u chodidel vyšší teplota než v oblasti hlavy. Nejvhodnějším způsobem vytápění z hlediska vertikálního teplotního profilu je podlahové vytápění, které je ideálnímu průběhu nejpodobnější. U stěnového vytápění je však ale teplotní průběh nejrovnoměrnější. [3]



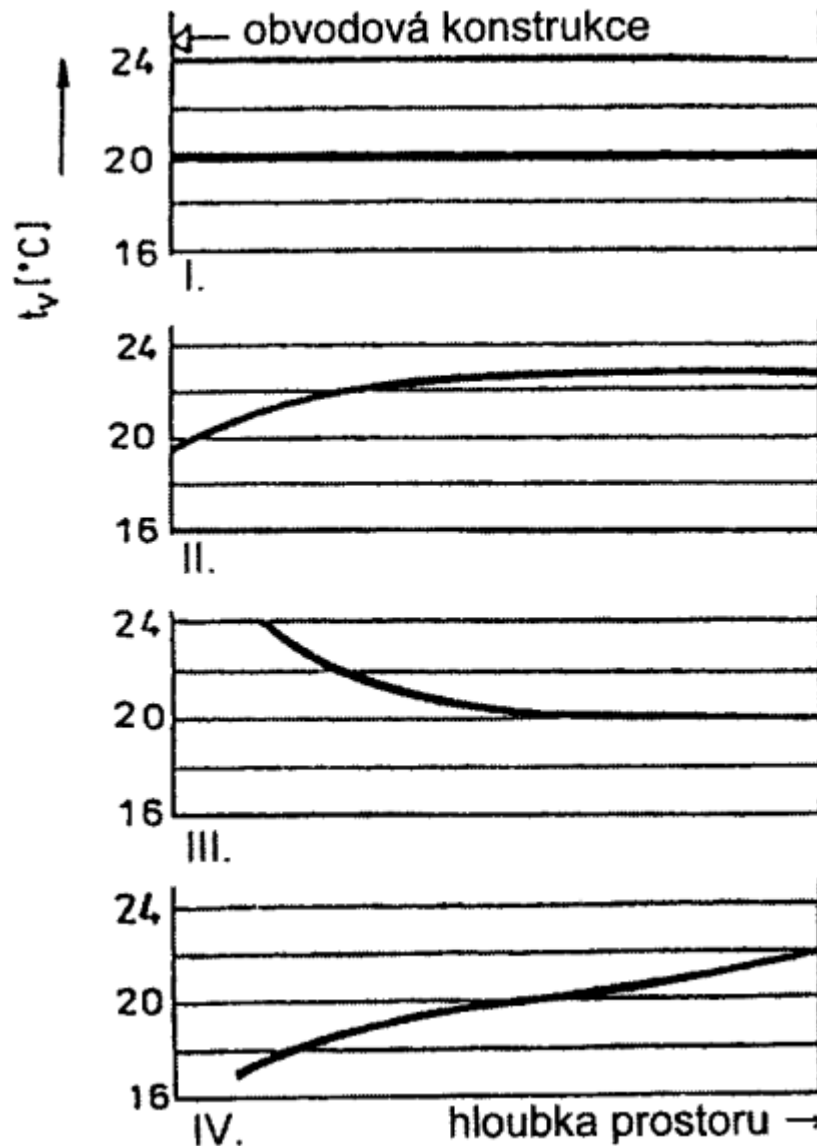
Obr. 3 Vertikální teplotní profily [3]

- A – ideální průběh,
- B – podlahové vytápění,
- C – článkové otopné těleso,
- D – stropní vytápění,
- E – stěnové vytápění.

Horizontální teplotní profil

Tento profil ovlivňuje umístění otopné plochy ve směru od ochlazované konstrukce. Ideální tvar profilu je horizontální přímka, to znamená, že v celé místnosti v určité výšce je stejná teplota vzduchu.

Nejblíže se k ideálnímu stavu opět dostává podlahové vytápění, které má profil zakřiven o ochlazovací stěny. Profil by se eventuálně dal narovnat intenzivní okrajovou zónou neboli plochou, kde je rozteč potrubí pokládky menší, než ve zbytku podlahy. [4]



Obr. 4 Horizontální teplotní profily [4]

- I. Ideální průběh,
- II. Podlahové vytápění,
- III. Článekové otopné těleso,
- IV. Stropní vytápění.

3. Stěnové vytápění

Otopný had u stěnového vytápění je uložen na stěnu suchým nebo mokrým způsobem pod omítku nebo sádrokartonovou desku. Z předchozích odstavců víme, že má svá specifika. Jedním specifikem je vertikální teplotní profil, který je v porovnání s jinými technologiemi nejrovnoměrnější. Povrchová teplota otopné stěny může dosahovat až 60 °C, díky tomu může stěnové vytápění dosahovat vyšších měrných výkonů než jiné sálavé vytápění integrované v konstrukci budovy. [4]

Praktická výhoda stěnového vytápění spočívá v ušetření plochy na podlaze pro nábytek, nebo jiná zařízení domácnosti, kanceláří nebo velkoplošných hal. Na trhu se standartně setkáváme se stěnovým vytápěním jako doplňkem k podlahovému nebo stropnímu vytápění z důvodu zvýšení měrného tepelného toku.

Stěnové vytápění se dělí do dvou skupin podle pokládky. Existují tzv. Mokrý systém a Suchý systém. Rozdíl spočívá v umístění potrubí otopného hadu. Pokud otopný had přijde přímo do kontaktu s mokrou omítkou, jedná se o mokrý způsob pokládky. Otopný had, který nemá přímý kontakt s omítkou, je suchý způsob pokládky.

Standartně se využívá potrubí s vnějším průměrem okolo 10 mm. Čím menší potrubí využíváme, tím je třeba menší vrstvy omítky nebo užší sádrovláknité desky. Tím se technologie stává levnější. Primárně se využívají vápenocementové omítky, ale další alternativou jsou omítky sádrovápenné, kaolínové nebo hliněné.

3.1. Suchý způsob

Suché systémy jsou vhodné pro nízkoenergetické budovy. Kromě svislé stěny se dají umístit i do podkroví na šikmou stěnu. Suché systémy můžeme rozdělit do tří skupin podle způsobu montáže.

Prvním způsobem pracuje s již vytvořeným otopným hadem, který je uložený v sádrovláknité desce. Tyto desky se umístí přímo na stěny nebo na pomocnou konstrukci u zdi. Tento systém je velmi jednoduchý na montáž, jelikož se desky pouze napojí mezi sebou nebo na páteřní rozvod.

Druhý systém vyžaduje tvarování otopného hadu do panelů s uzpůsobenými drážkami, do kterých se právě otopný had vmáčkne. Ve chvíli, kdy je otopný had vytvarován a zapojen, překryje se sádrovláknitými deskami a tím se vytvoří kontaktní plocha s místností.

Třetí systém je velmi podobný mokrému. Lišty, které drží otopný had, se přichytí přímo ke zdi. Vytvaruje se otopný had a zapojí se do páteřního rozvodu. Překryje se hydroizolací a následně je omítán. Tento způsob je vhodnější spíše pro zděné stavby a v praxi se s tímto suchým systémem setkáme výjimečně.

3.2. Mokrý způsob

Mokré systémy jsou vhodné spíše pro zděné stavby. Lišty pro upevnění otopného hadu jsou zpravidla upevněny šroubovacími přichytkami do hmoždinek. Někteří výrobci využívají zatloukacích spon. Vytvaruje se a upevní otopný had, který je omítán nejdříve jednou vrstvou omítky a následně druhou dokončovací vrstvou. [4]

4. Praktická část

V praktické části se věnuji podrobnému rozboru několika výrobců stěnového vytápění jak suchých systémů, tak i mokrých systémů. Popíšeme si bližší montážní doporučení a rozdíly v konstrukci. Na základě různých parametrů porovnáme systémy mezi sebou. Zároveň se pokusíme zhodnotit vliv určitých parametrů na výkon otopné stěny, který zahrneme do diskuze.

4.1. Rozbor suchých systémů

U suchého způsobu stěnové sálavé plochy výrobci standartně nabízejí dva typy konstrukce. Předpřipravený otopný had v panelu, který je jednoduše připojen k přívodu a zpátečnímu potrubí. Nebo způsob, při kterém je otopný had namontován montérem. Je důležité poznamenat, že některé společnosti se zaměřují pouze na jednu z těchto variant, zatímco jiné dokáží nabídnout obě možnosti. Kromě toho se různí výrobci liší i ve využití nosných konstrukcí. Zatímco někteří používají pouze stěny jako nosné prvky, jiní montují speciální nosné konstrukce ke zdi.

4.1.1. Rehau

Základním prvkem stěnového vytápění je prefabrikovaná vláknito-sádrová deska, která je jádrově impregnovaná a je zesílená vlákny. Tyto desky mají vyfrézované drážky, ve kterých je trubka RAUTHERM S 10,1 x 1,1 mm s roztečí 45 mm. Tato trubka je v desce upevněna do spirály. Neaktivní část stěny je možné vyplnit běžnými sádrovláknitými deskami o tloušťce 15 mm. [5]

Sestava je složena z těchto komponentů:

- Stěnová deska 2000 x 625 mm nebo Stěnová deska 1000 x 625 mm,
- Svěrné šroubení DN10,
- Spojka DN10,
- Násuvná objímka DN10,
- Přejchod s vnějším závitem DN10 na DN15,
- Tvarovky pro napojení na přípojovací potrubí,
- Vhodným potrubím je RAUTHERN SPEED 10,1 x 1,1 mm.



Obr. 5 Stěnové desky v suché konstrukci [5]

Při skladování je třeba držet desky v suchu, aby nedocházelo k navlhnutí a díky tomu ke změně mechanických a pevnostních vlastností. Dále je třeba desky skladovat na rovné ploše, ne na hraně, aby nedošlo k deformacím, které by mohly desku a jiné komponenty poškodit. [5]

Za provozu je třeba zařídit, aby se relativní vlhkost pohybovala mezi 40 až 80 % při teplotě vyšší než 10 °C. Po ukončení montážních prací je nutné zajistit dostatečné větrání. Při spouštění systému vytápění nesmí dojít k šokovému natopení místnosti, protože by vlivem délkových změn mohlo dojít ke vzniku trhlin nebo vyboulení desek. [5]

REHAU stěnové vytápění je projektované pro dřevěné a kovové konstrukce podle DIN 18181, které mají rozteč nosných profilů 31,3 cm. Pokud je zvolena dřevěná konstrukce, vlhkost profilu při montáži by neměla překročit 20 %, tedy dřevo musí být dostatečně vyschlé. Latě musejí mít minimální průřez 30x50 mm a konstrukce nesmí pružit. Prostředky pro ochranu dřeva na bázi oleje nejsou vhodné. Pro kovovou konstrukci musejí být splněny podmínky DIN 18182 a všechny kovové profily musejí být chráněny proti korozi. [5]

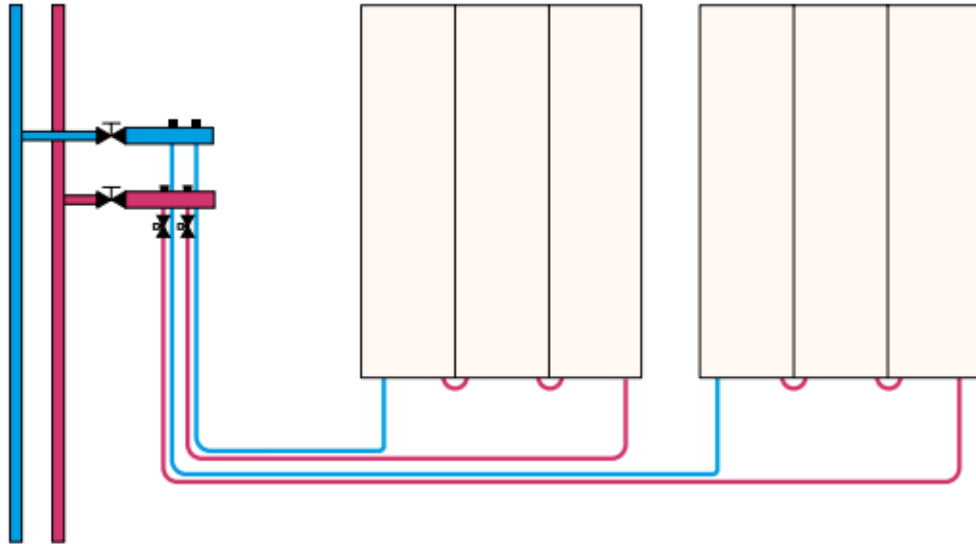
Montáž desek může být provedena jedním člověkem a doporučuje se využití mechanického nebo hydraulického zvedáku desek. Pro vruty jsou v profilech předvrtané upevňovací body. Vrtání mimo ně se nedoporučuje s ohledem na možné poškození. Pro zatmelení se doporučuje tmel LaFillfresh B45/B90. Tmel se nanáší ve dvou vrstvách, mezi kterými je vložen výztužný papírový pás. [5]

Napojení stěnového vytápění musí být provedeno v kluzném provedení, kvůli kompenzaci horizontální dilataci stěnových desek. [5]

Pro povrchové úpravy musí být zajištěna rovnost ploch, plochy musejí být suché a zbavené prachu a nečistot. Pro další úpravu pomocí barev nebo tapet je třeba stěnu natřít zpevňovacím a penetračním nátěrem k vyrovnání savosti sádrokartonu a spárovací hmoty. Kdyby k tomuto nátěru nedošlo, mohli by vzniknout rozdílné odstíny barvy eventuálně i k odloupávání barvy. [5]

Hydraulické napojení může být provedeno třemi různými způsoby:

- Samostatné napojení, jako paralelní větve,
- Sériové napojení,
- Souproudé napojení – Tichelman.



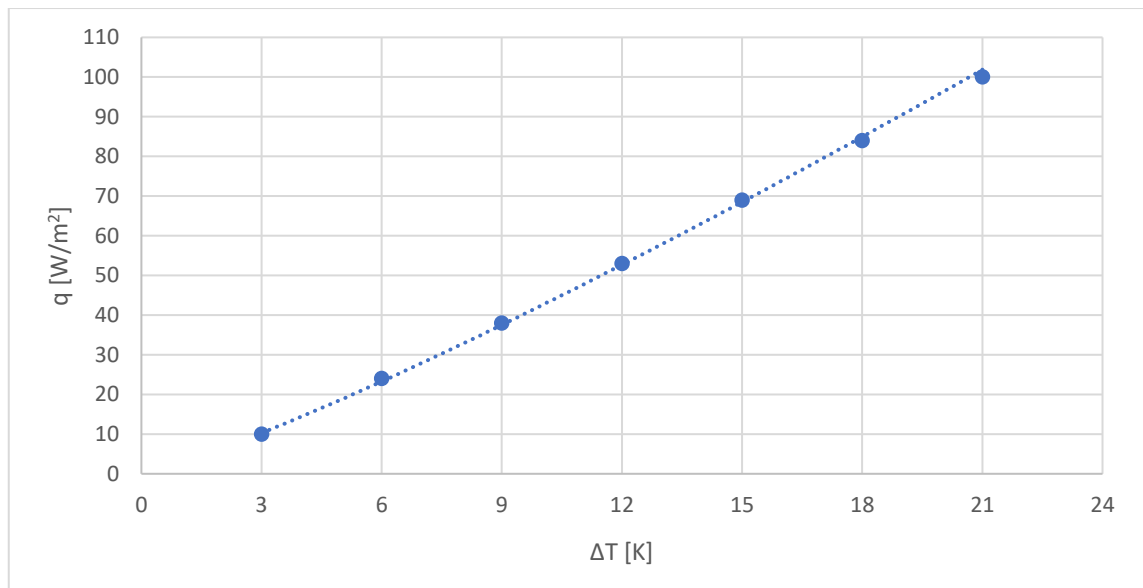
Obr. 6 Sériové zapojení desek s otopným hadem a dvou paralelních větví [5]

Pro regulaci lze použít termostaty pro každou místnost zvlášť. Je třeba monitorovat teplotu rosného bodu, aby nedocházelo ke tvorbě kondenzátu. Regulace probíhá s bezpečnostním rozdílem teplot 2 K od teploty rosného bodu. Tvorba kondenzátu je velmi nežádoucí, protože může vést k tvorbě nerovností desek, nebo k provlhnutí a tím zničení celé desky. [5]

Při následném vrtání do stěny je třeba znát trasy trubek. Ty se dají dodatečně najít pomocí termovize. Pokud by k vyhledání trubek nedošlo, mohlo by dojít k provrtání trubky, a tím k poškození celého systému. [5]

Tab. 1 Technická data pro stěnové desky v suché konstrukci dle výrobce [5]

| | Jednotka | Stěnová deska | |
|--|------------------|-----------------------------|-----------|
| Normovaný chladicí výkon podle ČSN / STN / EN 14240 (8 K) ¹⁾ | W/m ² | 33,3 (tp/tv/ti 17/19/26 °C) | |
| Normovaný chladicí výkon podle ČSN / STN / EN 14240 (10 K) ¹⁾ | W/m ² | 43,2 (tp/tv/ti 15/17/26 °C) | |
| Normovaný topný výkon podle ČSN / STN / EN 14037 (10 K) ¹⁾ | W/m ² | 42,1 (tp/tv/ti 31/29/20 °C) | |
| Normovaný topný výkon podle ČSN / STN / EN 14037 (15 K) ¹⁾ | W/m ² | 67,8 (tp/tv/ti 36/34/20 °C) | |
| Třída požární odolnosti podle ČSN / STN / EN 13501 | - | E | |
| Třída stavebního materiálu dle DIN 4102 | - | B2 | |
| Plocha desky | m ² | 1,25 | 0,625 |
| Délka ²⁾ (podélná hrana) | mm | 2000 | 1000 |
| Šířka ²⁾ (příčná hrana) | mm | 625 | 625 |
| Tloušťka ²⁾ | mm | 15 | 15 |
| Hmotnost | kg | 20 | 10 |
| Délka trubky | m | 20,0 | 10,0 |
| Tlaková ztráta desky při $\dot{m} = 25 \text{ kg/m}^2\cdot\text{h}$ | Pa (mbar) | 2.310 (23) | 370 (3,7) |
| Chladicí výkon (8 K) ³⁾ | W | 41,7 | 20,8 |
| Chladicí výkon (10 K) ³⁾ | W | 53,9 | 27,0 |
| Topný výkon (10 K) ³⁾ | W | 52,7 | 26,3 |
| Topný výkon (15 K) ³⁾ | W | 84,8 | 42,4 |



Obr. 7 Závislost měrného tepelného výkonu pro desku s podélnou hranou 2000 mm

Na obr. 7 můžeme vidět grafickou závislost měrného tepelného výkonu na rozdílu teplot střední teploty vody v potrubí a teploty vzduchu v místnosti. Tato grafickou závislost se dá popsat exponenciální rovnicí

$$q = 2,8163 * (x)^{1,1785} \quad (4)$$

Prakticky je to tvar charakteristické rovnice výpočtu měrného tepelného výkonu ve tvaru funkce teplotního rozdílu mezi střední teplotou otopné vody T_m a teplotou vzduchu v místnosti T_i . [6]

$$\dot{q} = k_m * (\Delta T)^n \quad (5)$$

Kde je

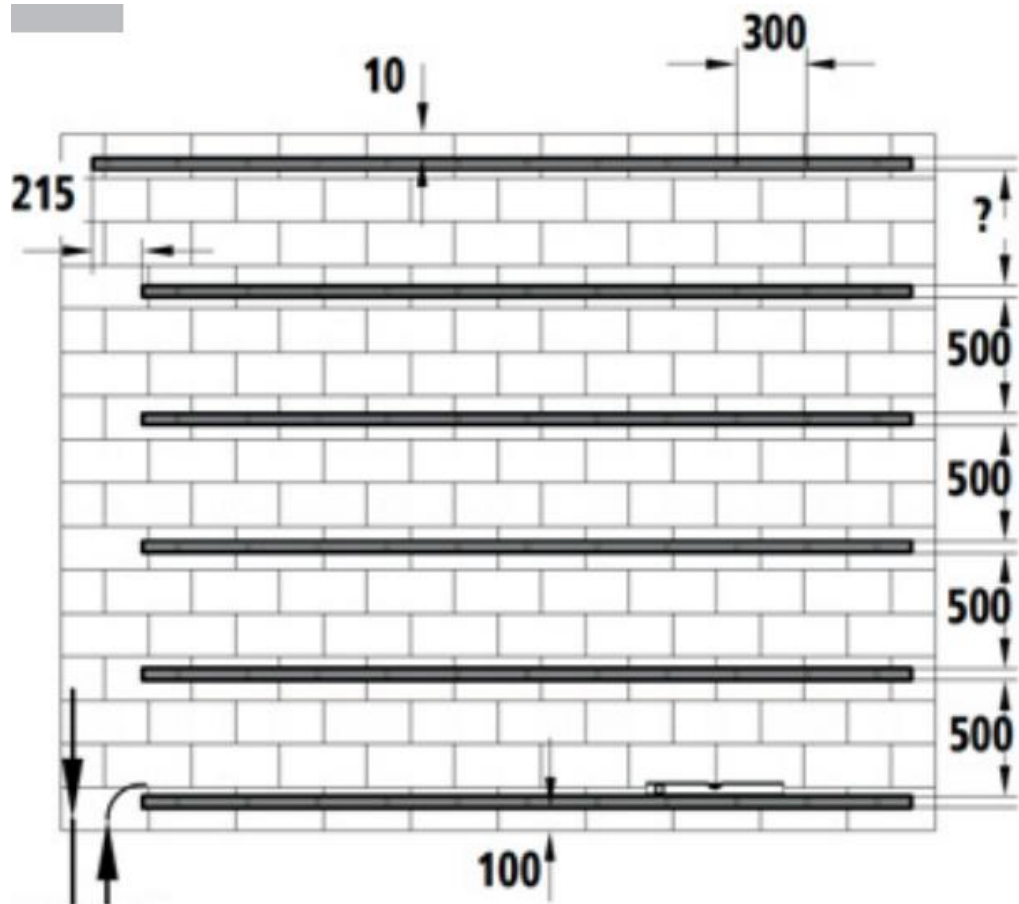
- k_m konstanta vzorku (otopného tělesa, plochy, atd.),
- n teplotní exponent.

4.1.2. Kermi

Na rozdíl od Rehau suchého způsobu pokládky, kdy jsou prefabrikované a připravené panely v nichž je otopný had ve formě spirály a tyto desky se pouze propojí trubkou, u Kermi suchého způsobu pokládky se had v topné ploše při montáži tvaruje ručně. [7]

Nejprve se při montáži připraví lať o maximální tloušťce 30 mm aby se zajistilo rovinné dosednutí stěnového obložení. Do latic jsou vyvrtané díry průměru 6 mm, které jsou následně využity pro upevnění latě ke zdi šrouby. Rozteč mezi latěmi je 500 mm s výjimkou poslední od shora. [7]

Mezi lišty se připevní tvarované polystyrénové desky pomocí lepidla, vhodného pro upevnění tepelné izolace EPS, nebo malty Flex. Aby bylo možné vyrovnat drobné nerovnosti hrubé stěny, doporučuje se tloušťka lepidla nebo malty minimálně 5 mm. Rozměry desky se dají upravovat vhodným nožem. Drážky na desce slouží k osazení teplosměnnou lamelou. Přídavné kanály pro vedení trubky se dají vytvarovat do polystyrénové desky tavnou řezačkou. [7]

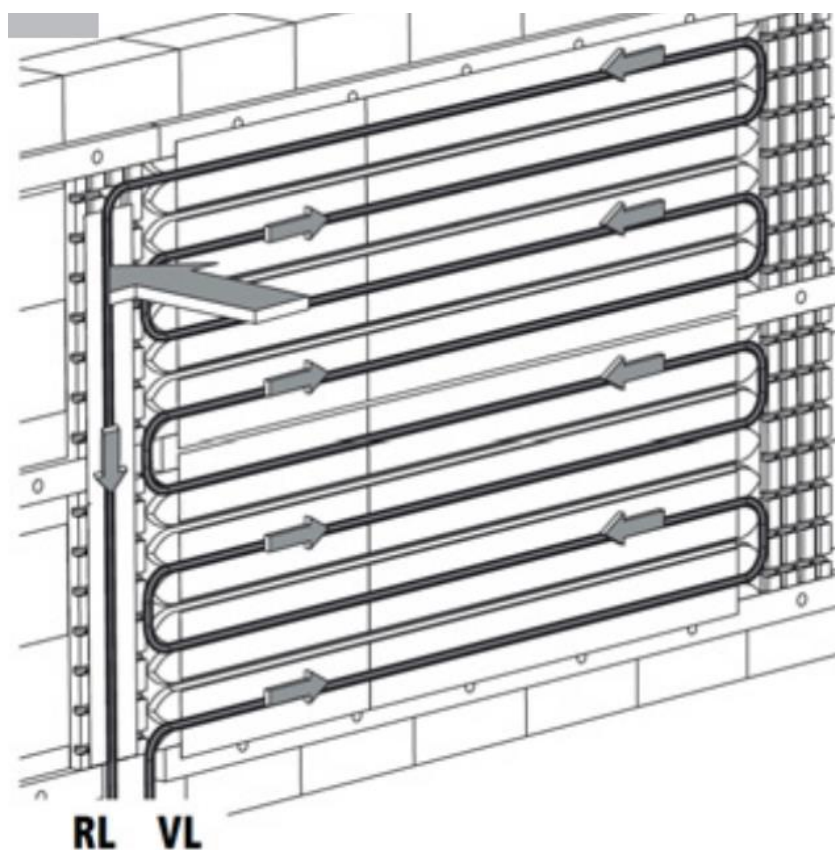


Obr. 8 Rozmístění Latí [7]

Plechové lamely se zasadí s roztečí 140 mm do drážek desky a do nich se pak vtlačí trubka. Lamely jsou v podélném směru montovány s mezerou 5 mm, respektive je třeba zařídit, aby se lamely nedotýkaly. Ke zkracování lamel je nežádoucí používat jakékoli nástroje. Zkracování je možné zlomením v perforovaném místě. [7]



Obr. 9 Zkracování plechové lamely [7]



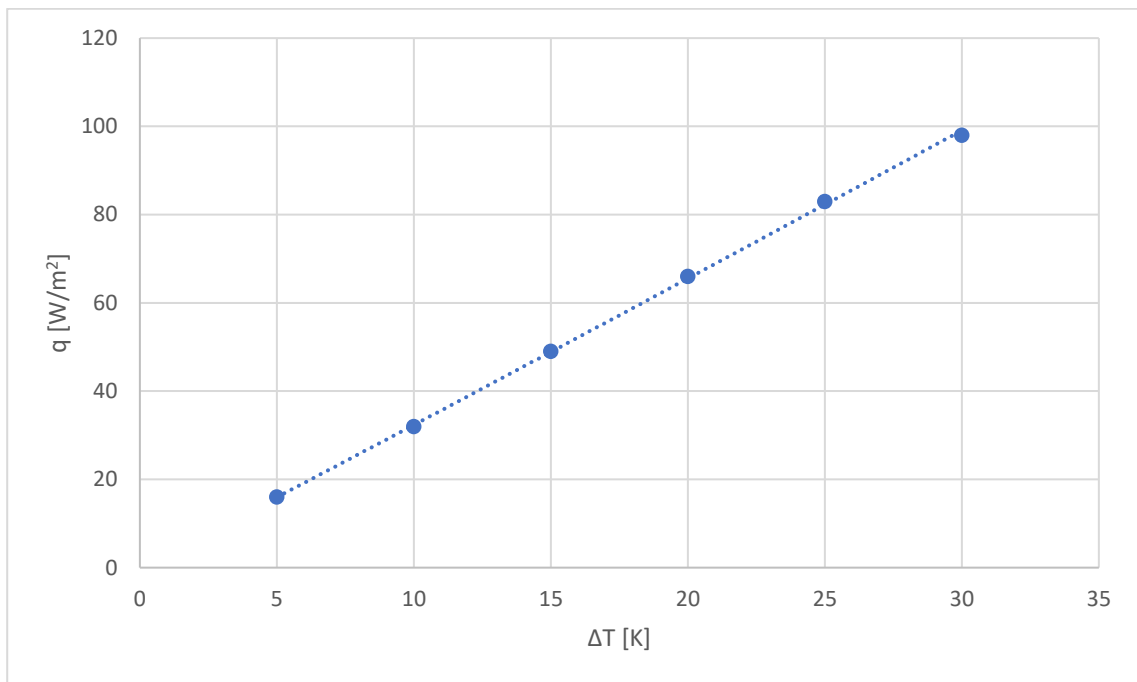
Obr. 10 otopný had v suché konstrukci Kermi [7]

Pokud je konstrukce hotová, posledním krokem je namontování obložení. Při volbě obložení je třeba uvažovat s co nejmenší vrstvou a ideálně používat materiály s nízkou tepelnou vodivostí, aby se co nejméně narušit tepelný tok. [7]

Charakteristická rovnice pro Kermi suchý způsob pokládky vypadá takto

$$q = 3,0935 * (\Delta T)^{1,0192} \quad (6)$$

Průběh měrného tepelného toku v závislosti na rozdílu teplot střední teploty vody a teploty vzduchu je znázorněn na obr. 11.



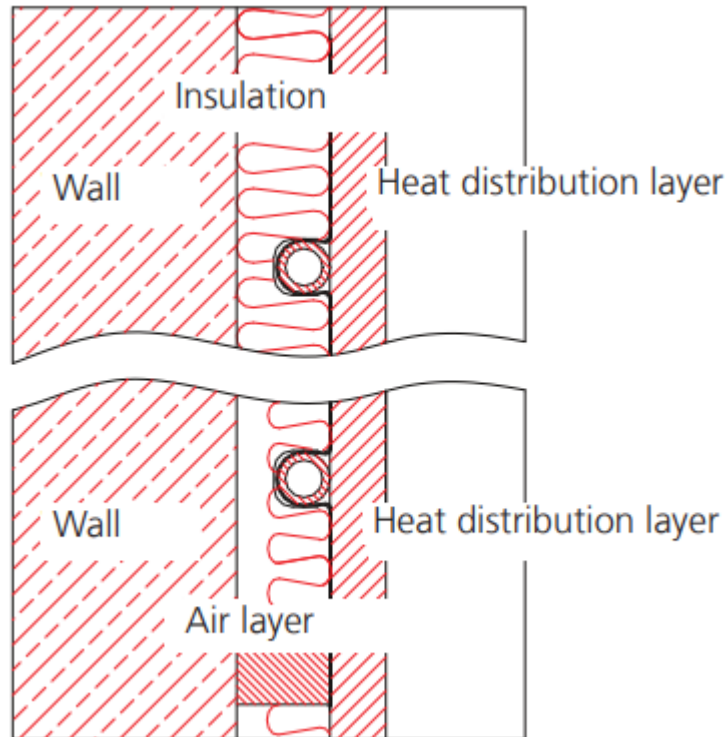
Obr. 11 Závislost měrného výkonu suchého způsobu pokládky Kermi

4.1.3. Roth Werke

Nosná konstrukce je tvořena kovovými U-profilů, ke kterým jsou připevněny vodící lišty a panely otopného hadu, kdy v oblasti ohybu trubek jsou lišty z EPP a v podélných oblastech jsou hliníkové panely. Před otopný had se přivrtá deska, která tvoří kontaktní plochu s místností. Při této konstrukci není vhodné vrtat do sálavých stěn, jelikož kontaktní deska je tenká a krom možného poškození stěnového vytápění, existuje možnost poničení samotné desky. [8]

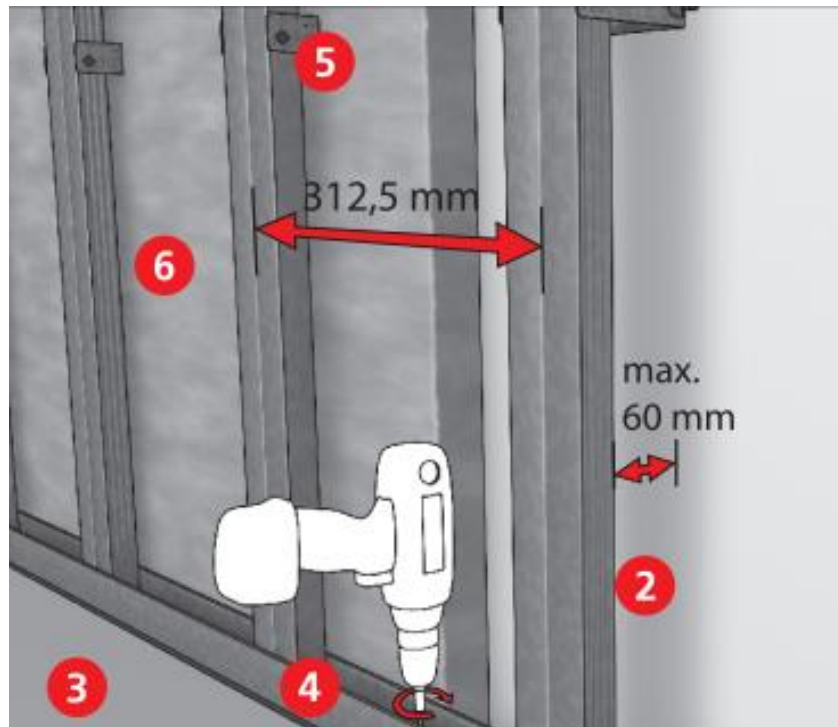
Sestava je složena z těchto komponentů:

- Trubka Roth ClimaComfort S5,
- Kompaktní T rozdělovač Roth Werke,
- Roth ClimaComfort Panel,
- Roth ClimaComfort guide panel.



Obr. 12 Suchý způsob pokládky Roth Werke [8]

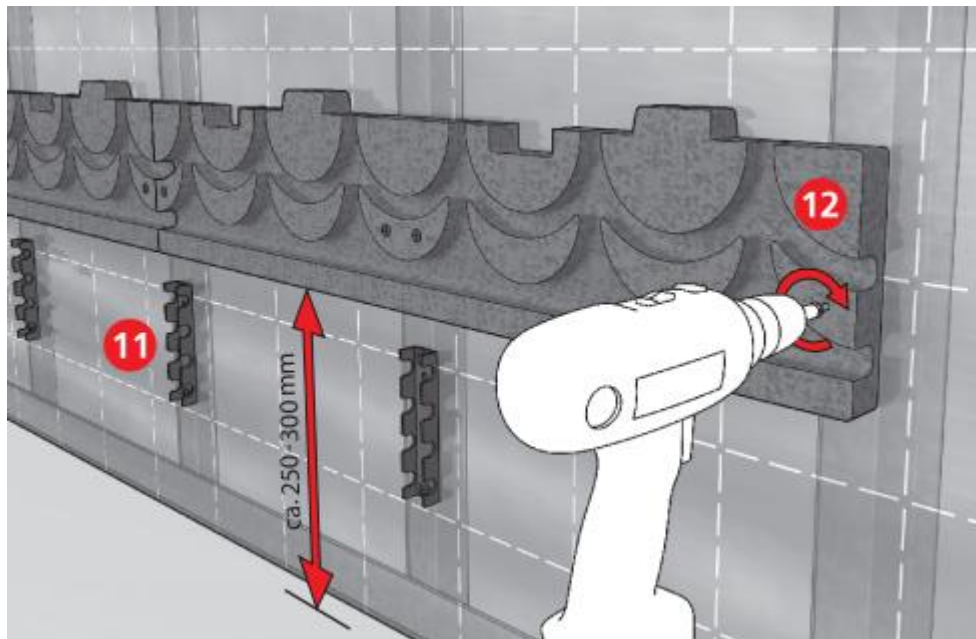
Konstrukce U-profilů se montují od zdi do vzdálenosti 6 cm, což odpovídá maximální doporučené tloušťce izolace. Pod U-profil se přilepí samolepící podložka pro absorpci zvuku. Poté se připevní upínací svorky, které mají rozteč do 125 mm ve svislém směru na každém profilu a zároveň mezi středy profilů je nutné zachovat rozteč 312,5 mm. Celá stěna se pokryje izolací, U-profilové se vyplní také izolačním materiálem a následně se mezi U-profilové také umístí izolační materiál. [8]



Obr. 13 Konstrukce U-profilů [8]

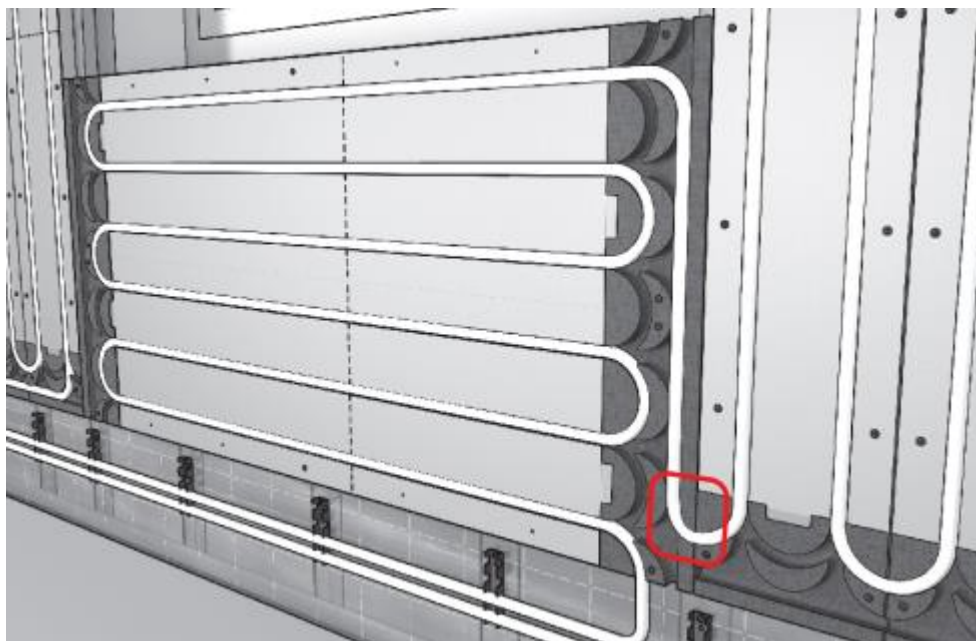
Aby se zabránilo kondenzaci vlhkosti na „studené“ straně izolace, to je strana při obvodové zdi, aplikuje se parozábrana, která se připevní na U-profilu lepidlem a lepicí páskou pro lepší těsnost. Parozábrana nesmí být během dalších montážních kroků poškozena a je třeba provádět průběžné kontroly stavu. [8]

V dolní části stěny, při montáži panelů pro oblast ohybu trubek, se nechá prostor přibližně o 250 až 300 mm pro zavedení přívodního a zpětného potrubí, jak je znázorněno na obrázku 14. Šroubovací pozice panelů jsou označeny otvory pro usnadnění montáže. Ve zmíněném prostoru v dolní části stěny se nacházejí drážky pro upevnění přívodního a zpětného potrubí. Pro podélné vedení se instalují plechové panely ClimaComfort. [8]

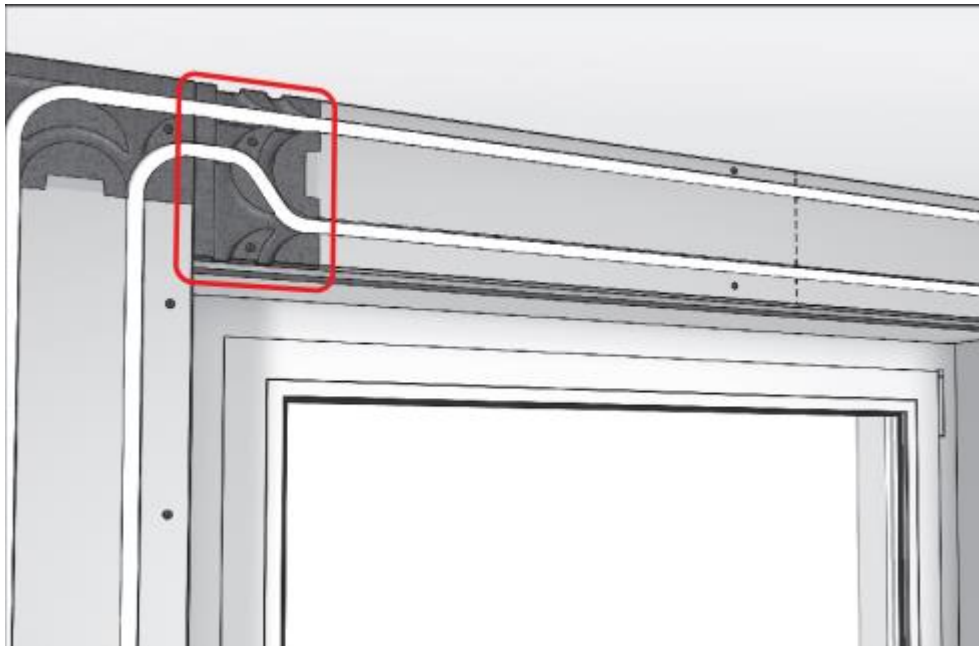


Obr. 14 Montáž lišty pro oblast ohybu trubky a drážek pro přívodní a zpětné potrubí [8]

Do drážek panelů se zatlačí trubka s názvem X-PERT S5 v katalogu Roth-Werke a vytvoří se tak postupně otopná plocha. Tvar otopného hadu se dá poměrně jednoduše přizpůsobovat místnosti. Samotné panely, které vedou trubku se dají zkrátit nebo různě osadit, jak je znázorněno na obr. 15 a 16. [8]



Obr. 15 Ukázka osazení vodících panelů pod oknem [8]



Obr. 16 Ukázka osazení vodících panelů nad oknem [8]

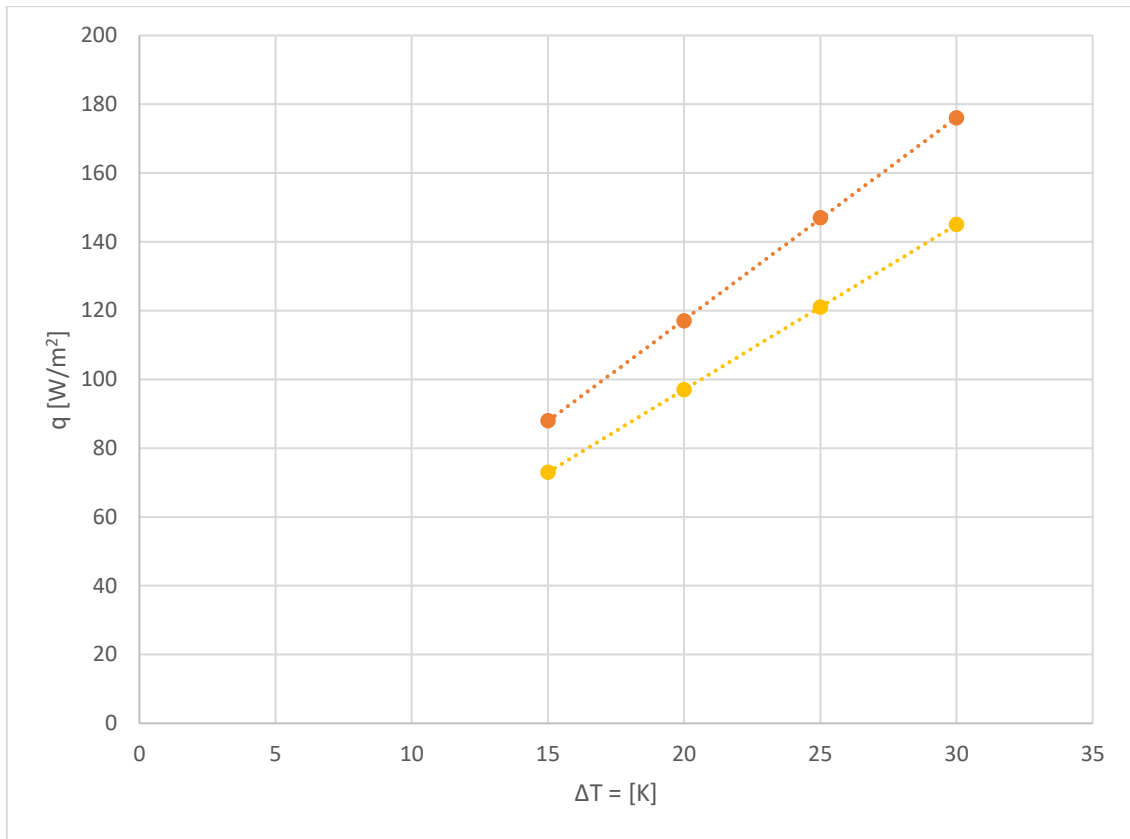
Po vytvoření otopných okruhů je třeba provést zkoušku těsnosti. Pokud zkouška proběhne úspěšně, na stěnu se přišroubují suché konstrukční panely, které tvoří kontaktní plochu s vytápěnou místností. Spáry mezi těmito panely jsou vyplněny spárovací páskou a celá plocha stěny se přebrousí, dokud stěna nemá požadované kvality povrchu. [8]

Charakteristická rovnice pro suchý způsob Roth-Werke má tvar pro rozteč potrubí 100 mm

$$q = 5,8285 * (\Delta T)^{1,0021} \quad (7)$$

a pro rozteč 200 mm

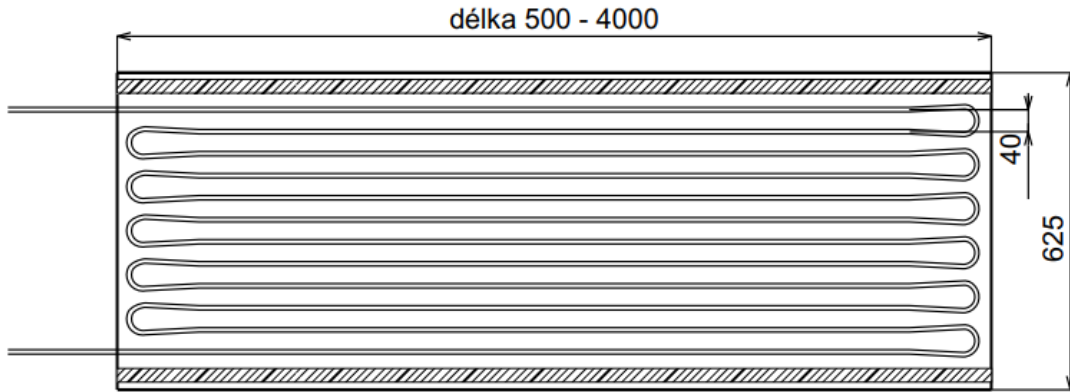
$$q = 4,9984 * (\Delta T)^{0,9900} \quad (8)$$



Obr. 17 Závislost měrného tepelného výkonu pro suchý způsob pokládky Roth-Werke pro rozteč VA10 (oranžová) a VA20 (žlutá)

4.1.4. Univeta

Stěnové vytápění společnosti Univeta využívá hliníkových registrů Delgado. Nejdříve se připraví kovová konstrukce s rozstupem montážních profilů 625 mm. Hliníkový registr má po stranách lepicí vrstvu. Ta slouží k přichycení hliníkových registrů k profilům konstrukce. Tyto registry se překryjí sádkartonovou deskou se zvýšenou tepelnou vodivostí. U podlahy v dolní části kovové konstrukce je prostor pro páteřní rozvod z trubky UNIVETA COOLING 16x2. [9]



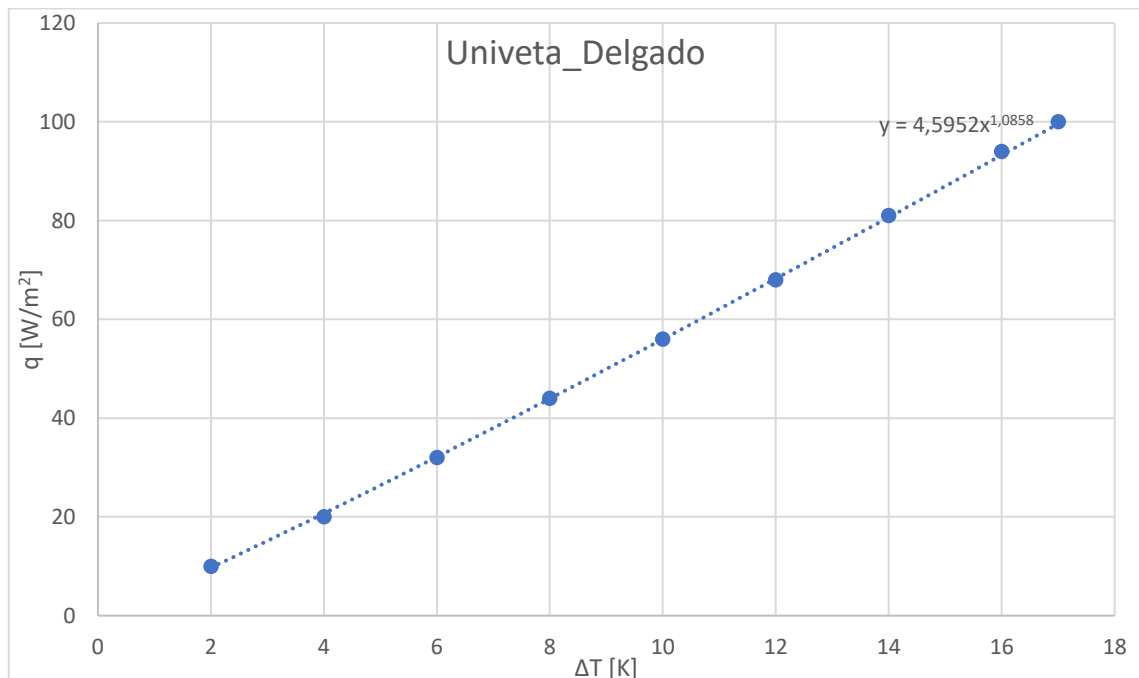
Obr. 18 Univeta suchý způsob pokládky (Delgado)[9]

Provede se zkouška těsnosti a správnosti regulace. Pokud proběhne v pořádku, stěna se zaklopí sádrokartonovými deskami a vytvoří tak kontaktní povrch s místností. [9]

Rozteč trubek sádrokartonové desky je 40 mm. Výkonová charakteristika tohoto systému odpovídá exponenciální funkci ve tvaru

$$q = 4,5952 * (\Delta T)^{1,0858} \quad (9)$$

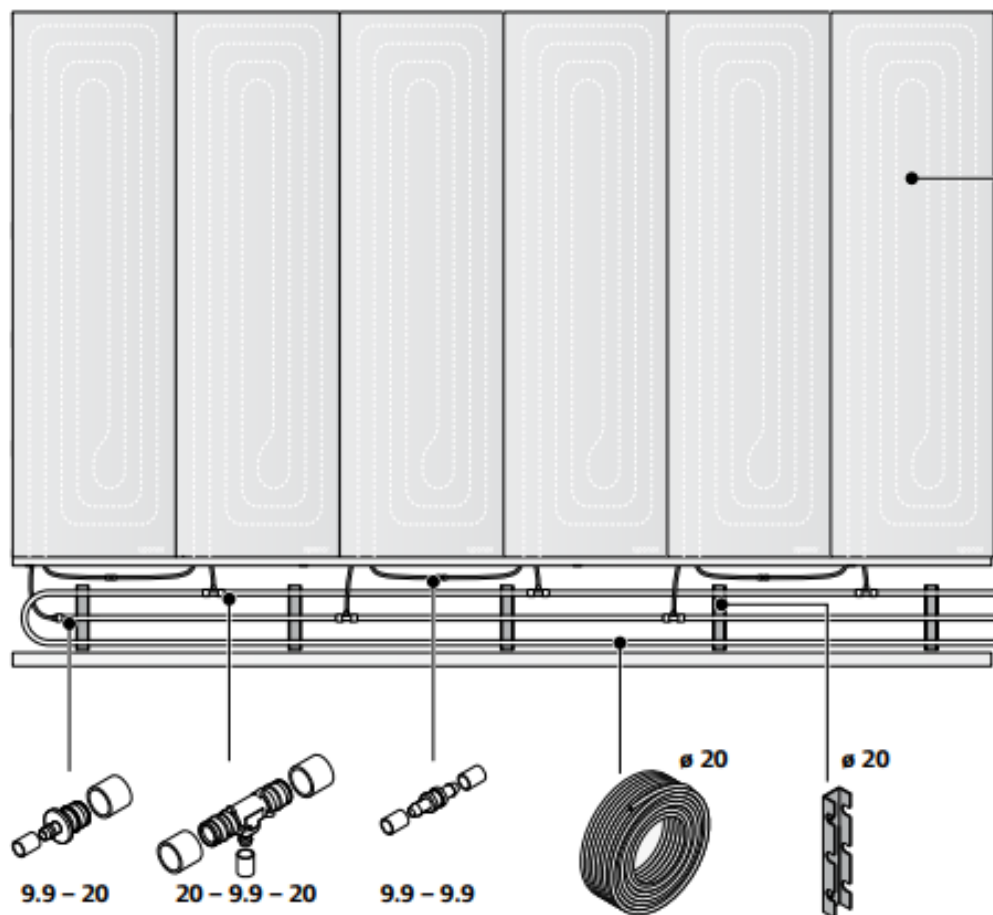
Průběh je znázorněn na obr. 19.



Obr. 19 Výkonová charakteristika systému Delgado Univeta

4.1.5. Uponor

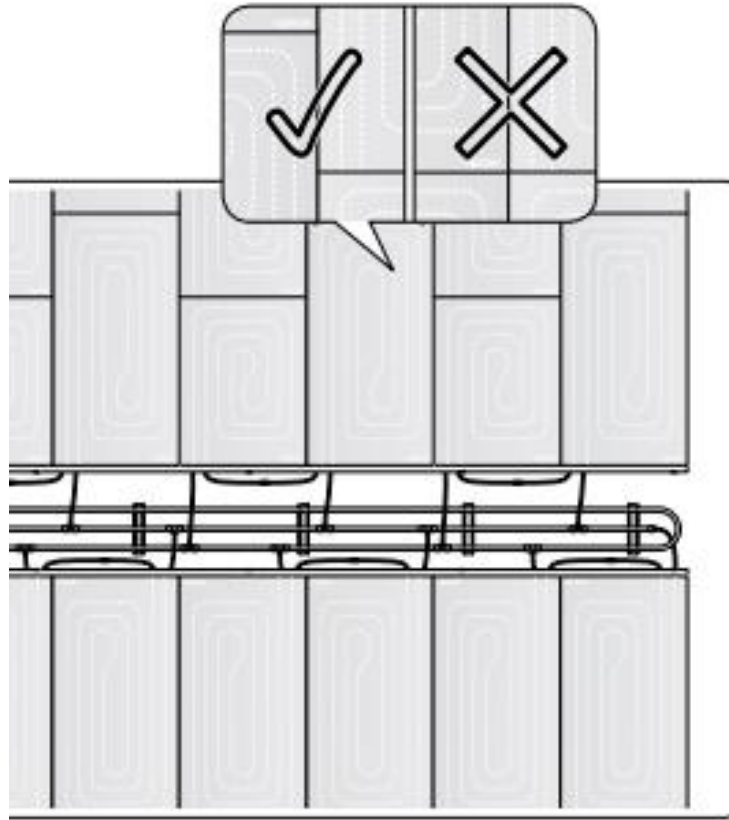
Suchý způsob pokládky společnosti Uponor je tvořen sádkartonovou deskou o tloušťce 15 mm, ve které je zabudovaný otopný had ve formě plošné spirály z Uponor PE-Xa trubky o průměru 9,9 mm. Tyto panely jsou umístěny na dřevěnou, nebo kovovou konstrukci, což umožňuje instalaci i na stěnách s narušeným povrchem. Konstrukce je tvořena příčkami, jejichž mezery se vyplní izolačním materiálem. Trubky páteřního rozvodu jsou tvořeny DN20. [10]



Obr. 20 Zapojení stěnového vytápění Uponor[10]

Při montáži se nejprve přivrtají plechové profily, které drží lišty pro sádkartonové desky. Tato plechová držadla mají horizontální rozteč menší jak 900 mm a svislou rozteč 400 mm. Do těchto držadel se nasunou lišty, které se k držadlům upevní. Konstrukce je připravena na namontování sálavých panelů s plošnou spirálou uvnitř. Panely se připevní přímo k liště vruty a je třeba dbát na to, aby se trubky nepoškodili. Vruty mají horizontální rozteč do 200 mm. Hloubka konstrukce musí být minimálně 50 mm. [10]

Na každém panelu je vyhrazený prostor pro přerušení potrubí, aby se dal napojit na další panel v sérii. Poté lze panel připojit k páteřnímu rozvodu. Pokud se montují panely různých velikostí, umísťují se do vzoru šachovnice viz obr. 21. [10]



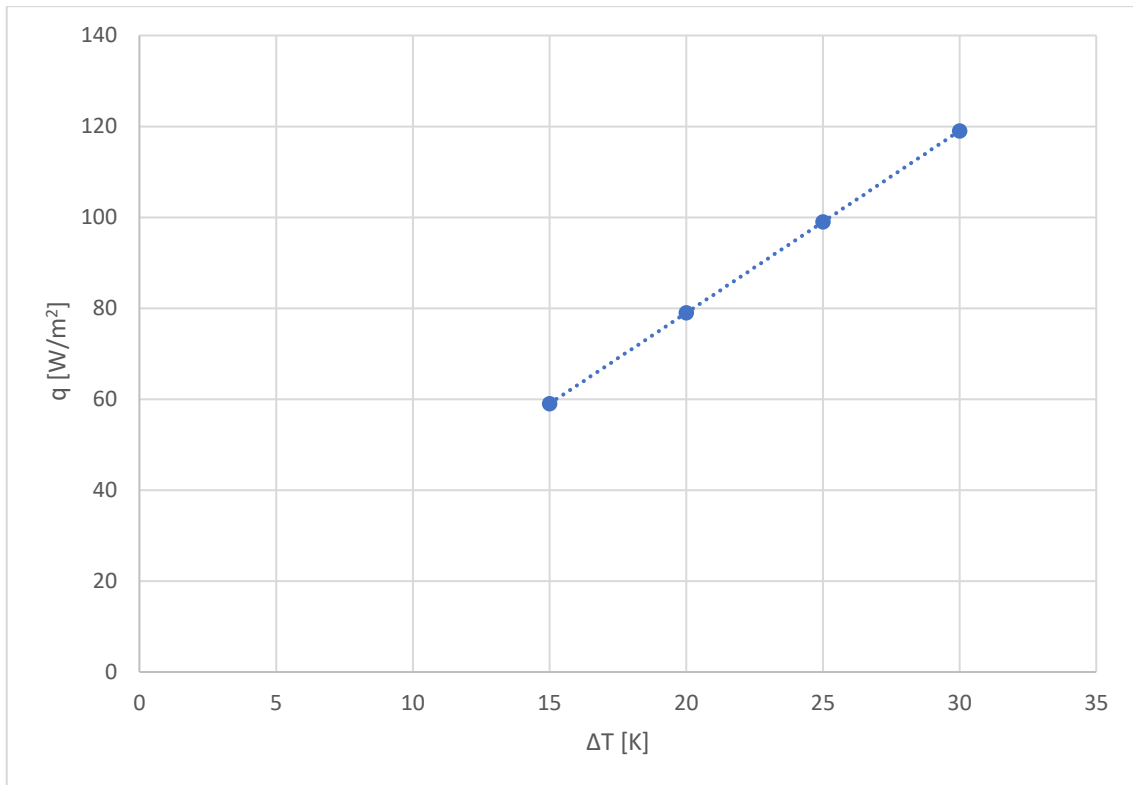
Obr. 21 Schéma šachovnicového zapojení [10]

Spáry mezi panely se jednoduše vyplní tmelem. Omítka nebo barva se dá přímo nanést na panel, rovněž se dá panel i polepit tapetou. Je důležité počítat s povrchovou úpravou panelů, kvůli ovlivnění technicko-tepelných vlastností. [10]

Trubky v panelu nejsou zřetelně vidět, proto je třeba před jakýmkoli dalším vrtání zjistit umístění trubek, například pomocí termovize. Termovize se musí provádět za provozu. [10]

Rozteč trubek sádrokartonové desky je 50 mm. Výkonová charakteristika tohoto systému odpovídá exponenciální funkci ve tvaru

$$q = 3,8064 * (\Delta T)^{1,0122} \quad (10)$$



Obr. 22 Výkonová charakteristika suchého způsobu pokládky Uponor

4.2. Zhodnocení mokrých systémů

V této části práce zaměřené na zhodnocení výrobců stěnového vytápění mokrým způsobem se soustředíme na podrobnou analýzu a porovnání dostupných možností na trhu. Každé zhodnocení je strukturováno jednotným způsobem, který zahrnuje komplexní posouzení výrobce včetně výkonového grafu, založeného na datech z technických listů poskytnutých výrobcí. Dále je každé zhodnocení doplněno montážním postupem a doporučeními pro instalaci. Je třeba poznamenat, že i když jsou si některé postupy podobné, každý výrobce má své vlastní specifické doporučení.

4.2.1. Rehau

K fixaci trubek na stěně slouží vodící lišta 10, která je vyrobena ze stabilního polypropylenu. Možné rozteče pokládky jsou násobky 2,5 cm. Oblouky se uchycují dvojitým držákem, který se jedním koncem uchyty k vodící liště v úhlu 90 ° a druhý konec drží trubku v oblouku. Systémy Rehau pro stěnové vytápění jsou převážně projektované pro trubku RAUTHERM SPEED 10.1 x 1,1 mm. [5]

Dalšími trubkami, které se využívají v systému například pro spojení k rozdělovači otopných okruhů jsou RAUTHERM S, RAUTHERM SPEED 16 x 1,517 x 2,0 mm ,nebo 20 x 2,0 mm. K udržení ohnuté trubky v úhlu 90 ° se využívá fixační oblouk 10. [5]



Obr. 23 Systém stěnového vytápění v konstrukci [5]

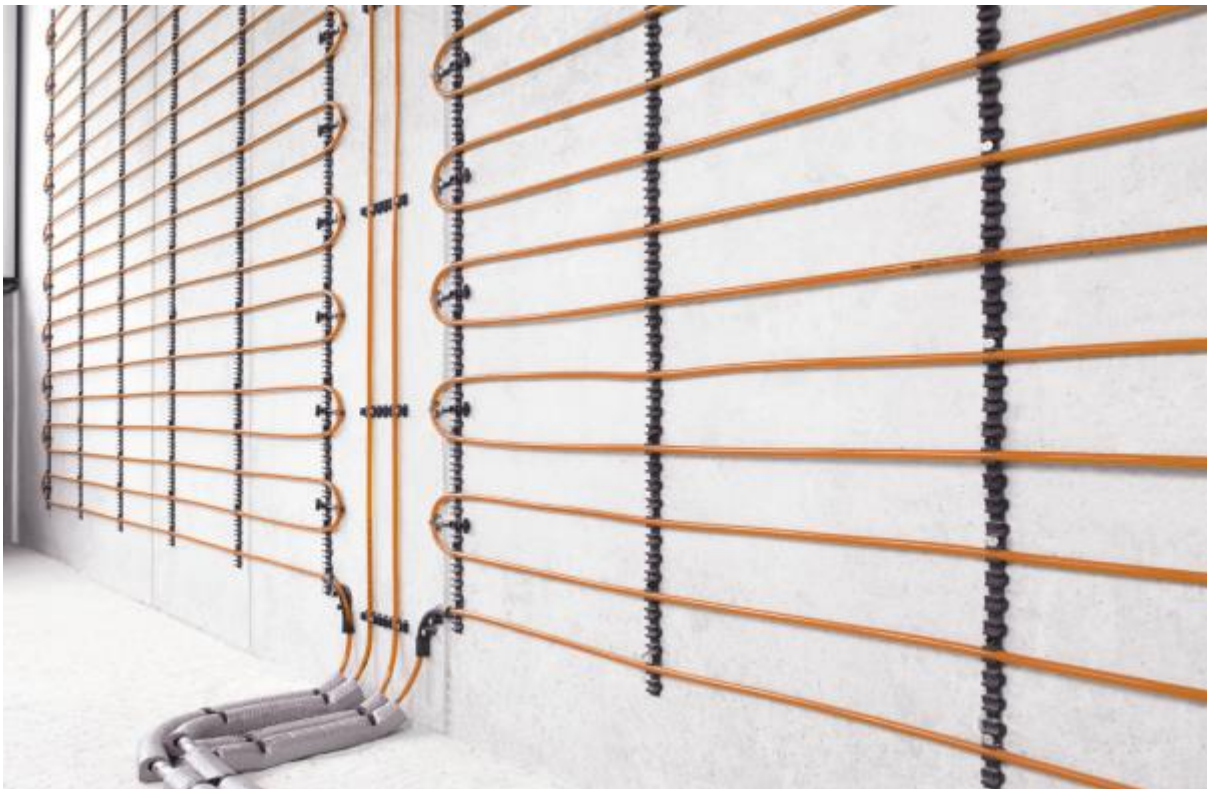
Komponenty a příslušenství:

- Vodící lišta 10,
- Dvojitý držák 10,
- Fixační oblouk 10 90 °,
- Spojka DN10,
- Přejechod s vnějším závitem DN10 na DN15,
- Násuvná objímka DN10,
- Tvarovka pro napojení na připojovací potrubí,
- Ochranná trubka 12/14,
- Ochranná trubka pro připojovací potrubí,
- Fixační oblouk pro připojovací potrubí.

Trubky:

- RAUTHERM SPEED 10,1 x 1,1 mm,
- RAUTHERM SPEED 16 x 1,5 mm jako přípojovací potrubí,
- RAUTHERM S 17 x 2 mm jako přípojovací potrubí,
- RAUTHERM S 20 x 2 mm jako přípojovací potrubí.

Všechny stavební úpravy stěny je třeba dokončit před montáží vodící lišty 10. Při fixování lišty na hrubou stěnu lze použít běžné hřebíkové nebo narážecí hmoždinky 6 x 40 mm a je třeba dodržet rozteče. Mezi dvěma lištami je rozteč do 0,5 m a mezi lištou a boční stěnou do 0,2 m. Zároveň vzdálenost mezi upevňovacími body lišty má být také do 0,2 m. Poté se zacvakne dvojitý držák v požadované rozteči trubky. Trubku RAUTHERM SPEED 10,1 x 1,1 mm se zacvakne do lišty a dvojitého držáku 10. Dále se upevní fixační oblouk 90 ° pro přechod ze stěny do přípojovacího potrubí. Přípojovací potrubí se v tomto oblouku zafixuje a pokud je třeba, zaizoluje se. Přípojovací potrubí se připojí na rozdělovač otopného okruhu. [5]



Obr. 24 Stěnové vytápění - mokrý systém Rehau před nanesením omítky

Po dokončení montáže základní konstrukce stěnového vytápění zbývá nanesení omítky. Omítky v tomto případě vytápění musejí vykazovat vyšší tepelnou vodivost. Tepelně izolační nebo lehčené omítky nejsou vhodnou volbou. Volba omítky záleží na využívání místnosti, k čemuž se váže zatížení vlhkostí, trvalá provozní teplota, dodatečné zpracování plochy stěny a možné zatížení vlhkostí při režimu chlazení, pro které lze tuto konstrukci také využít. [5]

Pro velmi mokré místnosti a otevřené vlhké místnosti jsou preferované omítky cementové, eventuálně další speciální omítky. Pro domovní vlhké prostory, jako kuchyně nebo koupelny se krom cementových dají využít i Vápenné nebo Vápenno-cementové omítky. Pro nízké až nulové zatížení vlhkostí se krom zmíněných omítek dají použít i omítky hliněné a sádro-vápenné. [5]

Při provozu sálavého stěnového vytápění mokrým způsobem je třeba dodržet minimální a maximální provozní teplotu, které jsou mimo jiné dokládány i výrobcem omítek, aby se omítka nepoškodila. Jako směrodatnou maximální hodnotu přívodu můžeme použít 40 °C pro sádrové a hliněné omítky a 50 °C pro vápenné, cementové a vápenno-cementové omítky. [5]

Velikost otopných ploch by se měla pohybovat do 4 m šířky a 2 m výšky. Velikost se odvíjí od rozteče pokládky. Podle výrobce je snaha se vyhnout topným okruhům s tlakovou ztrátou vyšší jak 30 kPa, z důvodu optimálně vytížených a přizpůsobených oběhových čerpadel. [5]

Tab. 2 Předepsaná velikost topných okruhů pro hmotnostní průtok 10 kg/hm² s max. tlakovou ztrátou 300 kPa [5]

| Rozteč pokládky | Forma pokládky | Maximální velikosti otopného okruhu |
|-----------------|-------------------|-------------------------------------|
| 5 cm | Dvojitý meandr | 5,0 m ² |
| 10 cm | Jednoduchý meandr | 6,5 m ² |
| 15 cm | Jednoduchý meandr | 7,5 m ² |

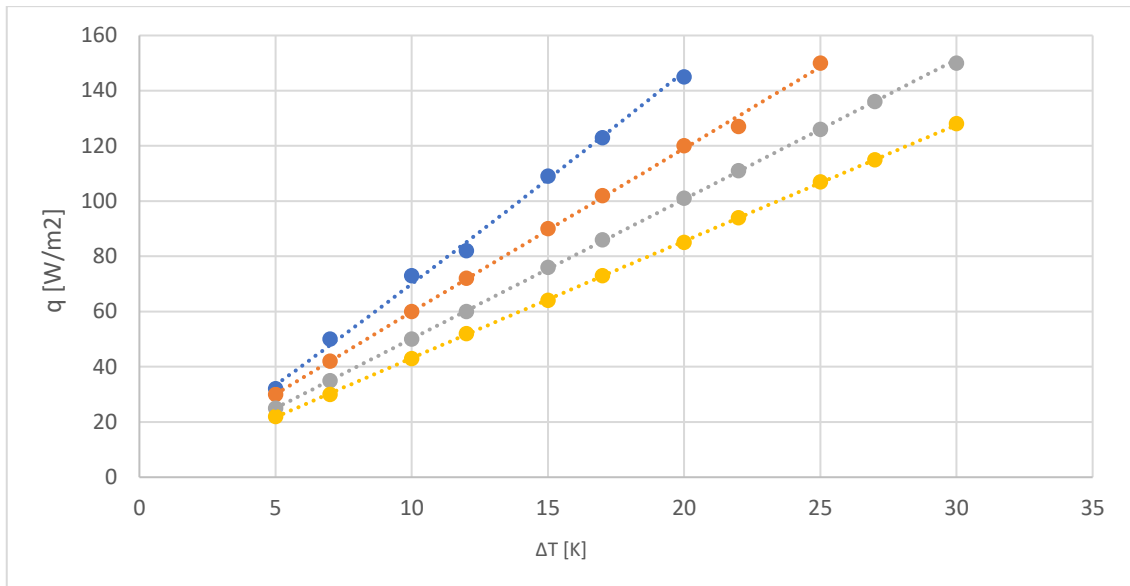
Tlaková zkouška je nedílnou součástí zprovoznění stěnového vytápění a je třeba vyhotovit příslušný protokol. Tuto tlakovou zkoušku je třeba provést před zahájením nanášení omítky. Pokud je zkouška prováděna v chladnějším období a hrozí zamrznutí, je třeba použít nemrznoucí směs nebo temperování budovy. Pokud se použije nemrznoucí směs, systém je třeba pročistit minimálně trojnásobnou výměnou vody. Pokud při zkoušce po 12 hodinách na žádném místě nedojde k úniku vody a pokud zkušební tlak neklesne o více jak 0,1 baru za hodinu, lze konstatovat, že je zkouška úspěšná. Spuštění vytápění je třeba provést s časovou prodlevou po nanesení omítky. Časový interval se liší podle omítky. Pro cementové nebo cementem vázané omítky je minimální prodleva 21 dní, sádrové omítky mohou být spuštěny po jednom dni a hliněné omítky nejdříve po 7 dnech. [5]

Obrázek níže nám zobrazuje grafickou závislost měrného tepelného výkonu pro čtyři různé rozteče otopného hadu. Z grafu je jasně vidět, že nejvyšších výkonů s nejnižší teplotou přívodní vody dosahuje pokládka s roztečí VA 5. Pro tuto pokládku vypadá charakteristická rovnice takto

$$q = 5,9803 * (\Delta T)^{1,0685} \quad (11)$$

Pro pokládku s roztečí VA 20 je grafická závislost měrného tepelného výkonu konkávní, což může být způsobeno nepřesným odečítáním dat. Charakteristická rovnice je v tomto tvaru

$$q = 4,4467 * (\Delta T)^{0,9869} \quad (12)$$



Obr. 25 Závislost měrného tepelného výkonu pro rozteč VA 5 (modrá), VA 10 (oranžová), VA 15 (šedá), VA 20 (žlutá)

4.2.2. Kermi

Vodící lišty pro mokrý způsob pokládky společnosti Kermi jsou na zadní straně opatřeny samolepicími proužky k usnadnění montáže. Pevné upevnění je opět prováděno šrouby nebo hřebíky. Poté se trubka 14 x 2 mm zatlačí do lišty a začne se vytvářet otopný had v podobě meandru, kdy poloměr ohybu nebude menší 70 mm. Dle návodu výrobce je v tomto případě žádoucí, aby se přívod vedl svislou částí meandru. Otopný kruhy se dají zapojit jednotlivě přímo na rozdělovači nebo v zapojení Tichelmann.

Velikost otopné okruhu nesmí překročit 10 m². Po namontování a připojení k rozdělovači je třeba provést zkoušku těsnosti a funkčnosti vytápění. Poté je možno nanést první vrstvu omítky o tloušťce 25 mm od hrubé stěny. Následně se nanese omítka překryvná. [7]

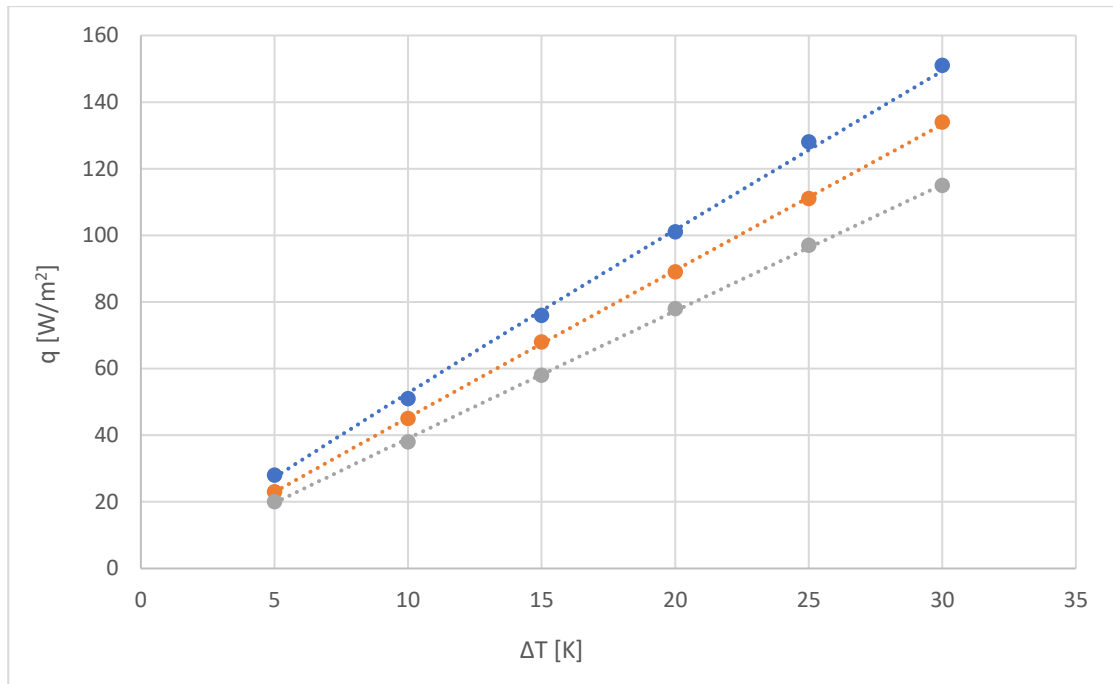


Obr. 26 Mokrý způsob pokládky Kermi [7]

Veškeré elektrické a sanitární práce u stěn určených ke stěnovému vytápění musejí být ukončeny před montáží příslušenství vytápění. Hrubé stěny musejí být suché a čisté. Zároveň musejí vyhovovat požadavkům DIN 18202 a DIN EN 13914-2 z hlediska rovinnosti stěn a jejich úhlů. Okna a dveře musejí být v příslušných otvorech zabudované, nebo je lze zakrýt nepropustnou fólií. Při omítání musí být v systému tlak, aby nedošlo k poškození nebo deformaci trubek. [7]

Na obr. 27 se nám opět ukazuje, že nejvyšších výkonů dosahuje pokládka s nejmenší možnou instalovanou roztečí. V tomto případě je rovnice pro rozteč VA 10 ve tvaru

$$q = 5,9256 * (\Delta T)^{0,9487} \quad (13)$$

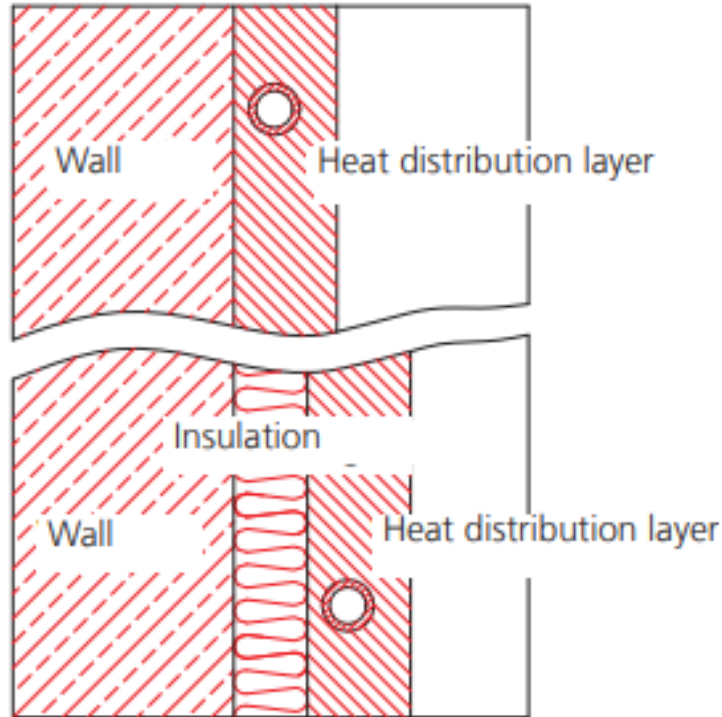


Obr. 27 Závislost měrného tepelného výkonu pro rozteč VA 10 (modrá), VA 15 (oranžová), VA 20 (šedá)

4.2.3. Roth Werke

Při instalaci stěnových systémů je potrubí umístěno a připevněno buď přímo na stěnu, nebo na vrstvu izolace. Omítka použitá uvnitř místnosti funguje jako tepelně vodivý povrch, který přispívá k rovnoměrné distribuci tepla. Vzhledem k tomu, že na stěnu lze použít jakoukoli běžnou sádkovou omítku, umožňuje systém Roth-Werke širokou škálu možností, jak přizpůsobit vzhled interiéru dle potřeb a preferencí uživatele. [8]

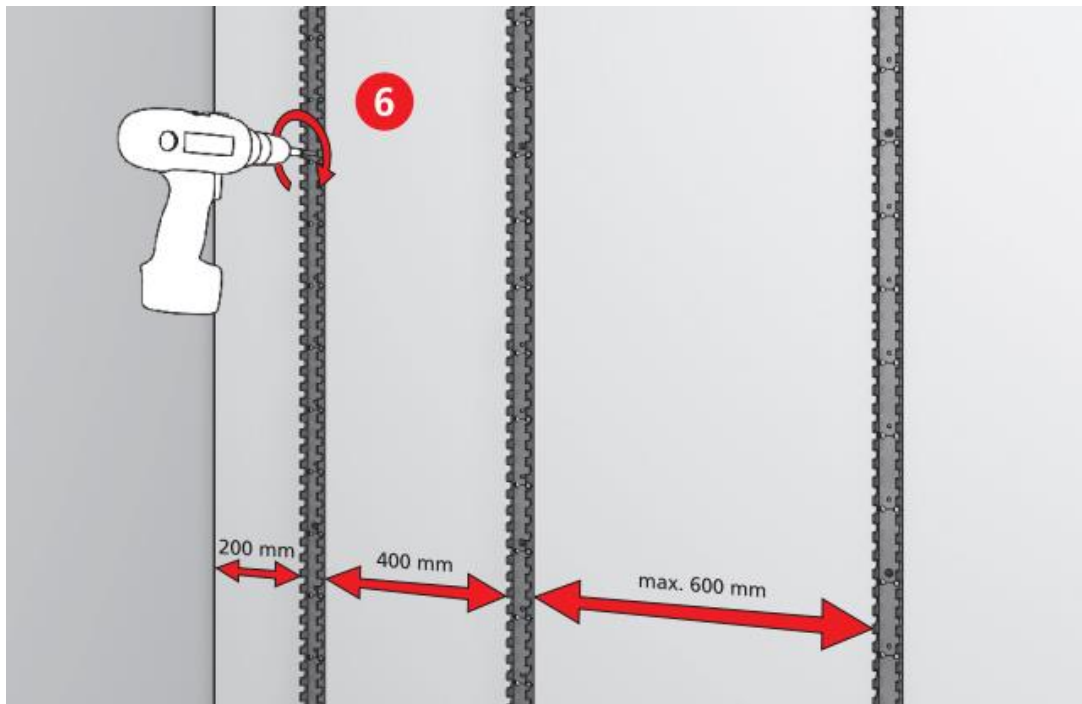
Stěnový systém Roth Werke pipefix je konstrukčně složen z několika vrstev. V první řadě je třeba zkontrolovat zeď, zdali splňuje požadavky nejen na rovnost stěn a úhlů, ale také požadavky na povrch stěny, která musí být odmaštěná a bez nečistot. Pokud konstrukce splňuje technické požadavky, příchytky Roth Werke pro připevnění vodících lišt se navrtají přímo do stěny. Pokud tepelně technické vlastnosti obálky nejsou dostačující a musí se na vnitřní stranu stěny namontovat izolace, příchytky se navrtají do ní. Mezi lištami je doporučena rozteč do 600 mm. Krajiní lišty by měli být od zdi vzdáleny 200 mm. K podlaze a ke stropu u stěny je nalepena izolační páska, ta má za úkol nejen izolovat tepelný tok, ale také funguje jako dilatační spára. [8]



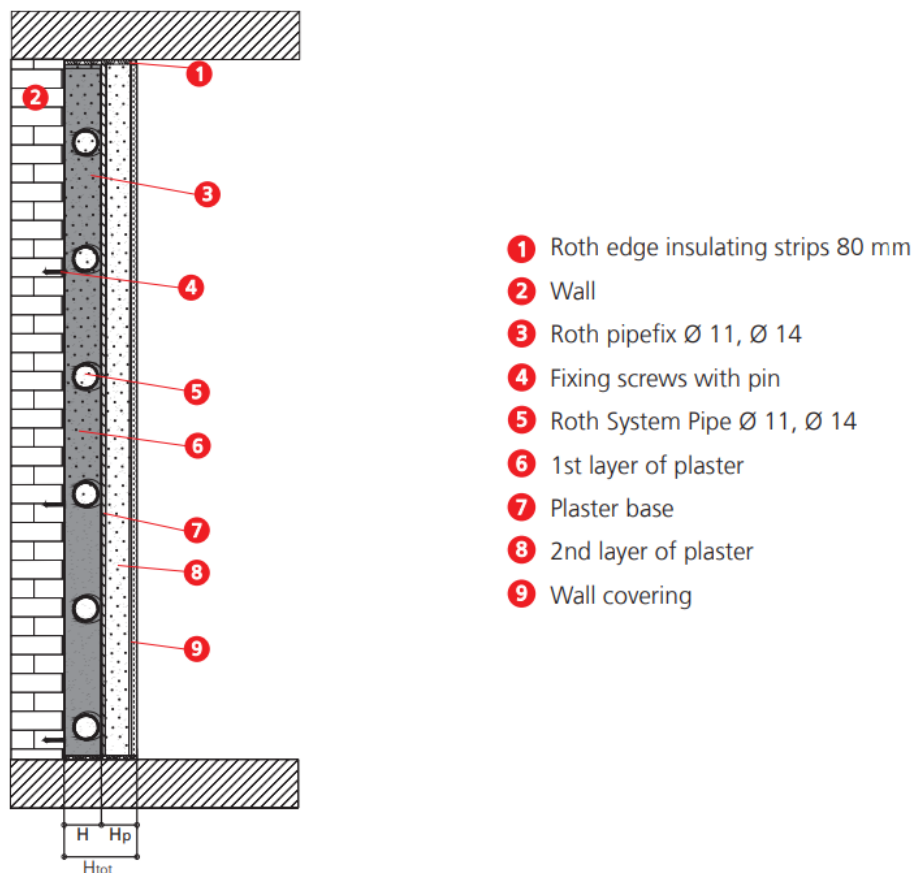
Obr. 28 Mokrý způsob pokládky Roth Werke [8]

Poté se nainstaluje potrubí, které by dle návodu mělo být ve tvaru meandru. Připojí se na přívod a zpátečku, natlakuje se a provede se tlaková zkouška otopného okruhu. Pokud je zkouška úspěšná, může se přejít k nanášení první vrstvy omítky. Do této čerstvé vrstvy omítky se vloží zpevňovací materiál ve formě kovových vložek, plastových vláken, nebo minerálních vláken. Druhá vrstva omítky by měla trubky překrývat o 10 až 15 mm. [8]

Pokud je druhá vrstva z cementové omítky, systém vytápění může být nejdříve spuštěn po 21. dni od nanesení. System překrytý omítkou na bázi sádry může být spuštěn už po 7 dnech. Jak u zmíněných, tak i u dalších typů omítek je třeba dodržovat pokyny výrobce. Po dokončení prací včetně schnutí se mohou instalovat další stěnové obložení, jako jsou například tapety nebo dlaždice. [8]



Obr. 29 Montáž vodících lišt pro mokrý způsob pokládky Roth Werke [8]



Obr. 30 Struktura stěny mokrého způsobu pokládky Roth Werke [8]

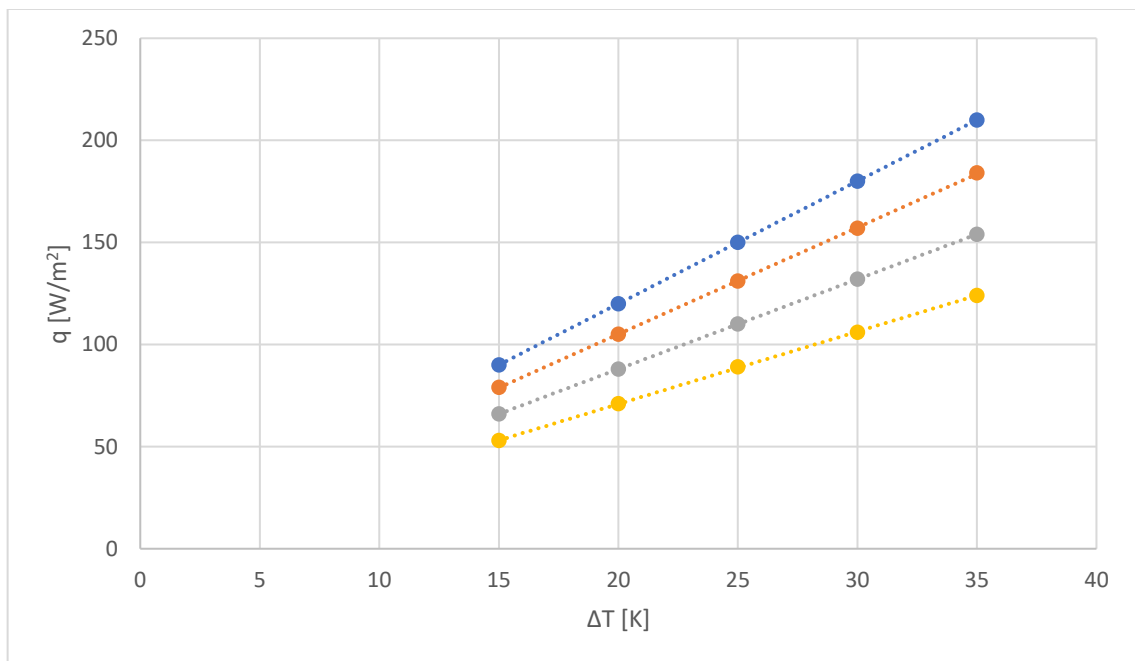
Charakteristická rovnice pro mokrý způsob Roth-Werke pipefix Ø14 mm má tvar pro rozteč potrubí 100 mm

$$q = 6 * (\Delta T)^1 \quad (14)$$

I přesto, že rovnice je v mocniném tvaru, průběh je lineární, což ve skutečnosti není pravda. Lze tedy říci, že přibližné odvození rovnice z dat grafu není zcela přesné a k získání reálného průběhu by muselo být provedeno podrobnější měření.

Pro rozteč 250 mm, která uzavírá pomyslnou plochu složenou z průběhů pro různé rozteče, vypadá charakteristická rovnice takto

$$q = 3,5314 * (\Delta T)^{1,0011} \quad (15)$$

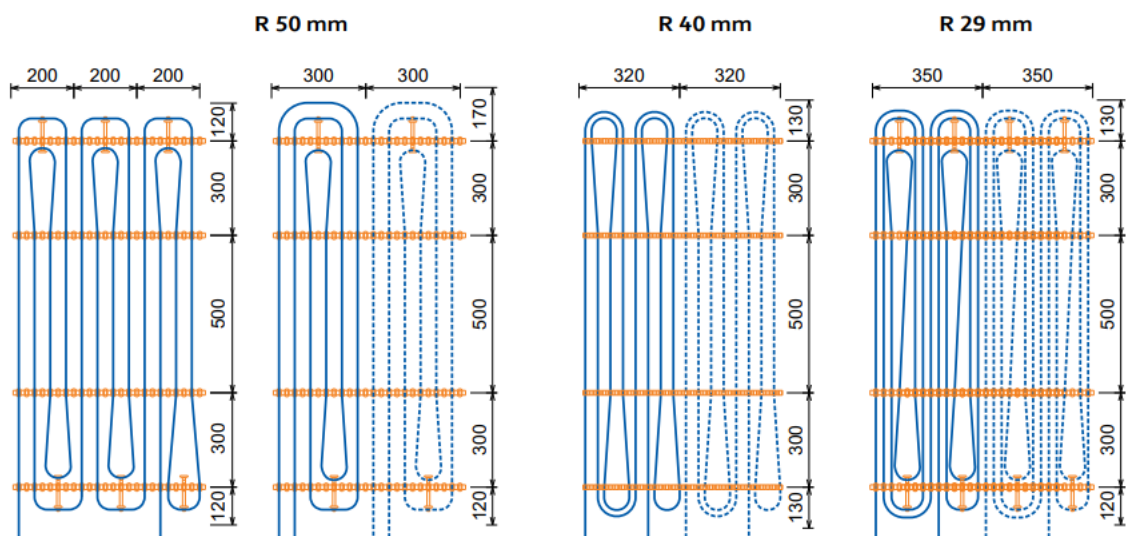


Obr. 31 Závislost měrného tepelného výkonu pro mokrý způsob pokládky Roth-Werke pro rozteč VA10 (modrá), VA15 (oranžová), VA20 (šedá) a VA25 (žlutá)

4.2.4. Univeta

Mokrý způsob pokládky Univeta se skládá z polybutylenových trubek DN8, které jsou uloženy v plastových lištách připevněných přímo na stěnu. Stěna před začátkem montáže musí být dostatečně očištěna a odmaštěna. [9]

Lišty se dají upevnit i na izolační materiál hmožděnkami. Po upevnění lišt se naistaluje páteřní rozvod z trubky UNIVETA COOLING 16x2 mm. Po zatlačení trubky DN8 se vytvoří otopná plocha, která se na páteřní rozvod napojí rychlospojkami Univeta. Proveďte se kontrola těsnosti a regulace. [9]



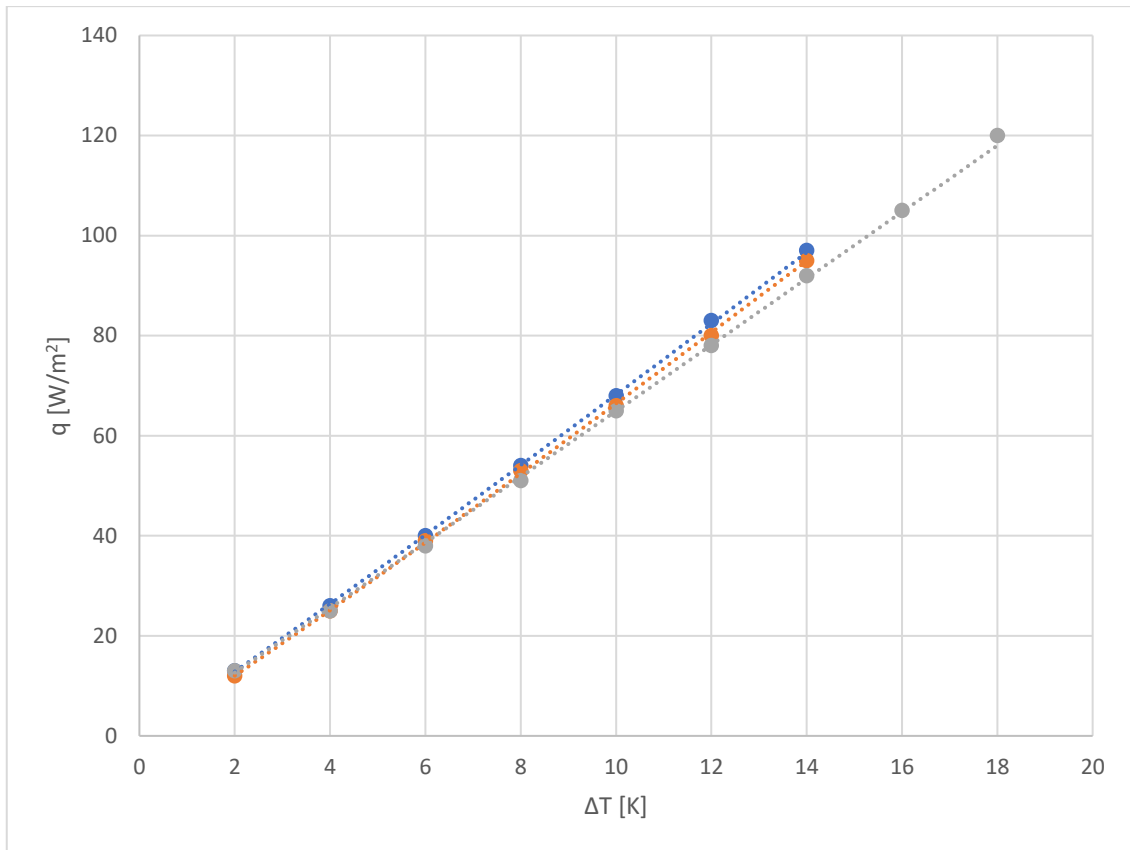
Obr. 32 Uložení stěnového vytápění Univeta [9]

K omítání se standardně používá omítka sádrová. Je třeba, aby systém byl při omítání natlakován a je třeba v průběhu omítacích prací kontrolovat tlak. Minimální tloušťka vrstvy omítky, ve které je otopný had zapuštěn, je 20 mm. [9]

Výkonová charakteristika systému s roztečí VA29 odpovídá exponenciální funkci ve tvaru

$$q = 6,2664 * (\Delta T)^{1,0367} \quad (16)$$

Průběhy měrných tepelných výkonů v závislosti na rozteči jsou znázorněny na obr. 33.



Obr. 33 Výkonová charakteristika mokrého způsobu pokládky Univeta; VA29 (modrá), VA40 (oranžová), VA50 (šedá)

4.2.5. Uponor

Mokrý způsob pokládky je velmi podobný jako u ostatních výrobců. Lišty, které drží potrubní síť jsou připevněny přímo ke zdi, která musí být před instalací řádně opracována a musí být suchá. Lišty mají mezi sebou mezeru 50 cm na výšku nebo šířku, záleží na způsobu pokládky otopného hadu. Zatímco většina výrobců v montážních pokynech uvádí, že meandr má být položen horizontálně, výrobce Uponor nespécifikuje a na ilustračních obrázcích používá i svislý směr. [10]

První vrstva omítky je široká 14 mm, na tuto vrstvu se položí perlínka a následně se přidá druhá vrstva omítky o šířce 10 mm. Omítací práce musejí být v souladu s pokyny dodavatele omítky. [10]

Potrubí je ze síťovaného polyuretanu a je označeno v katalogu produktů Uponor jako PE-Xa 9,9 mm x 1,1 mm. Síťovaný polyuretan je standardní materiál, který brání vniknutí kyslíku do potrubní sítě, který může způsobit korozi kovových částí systému. [10]



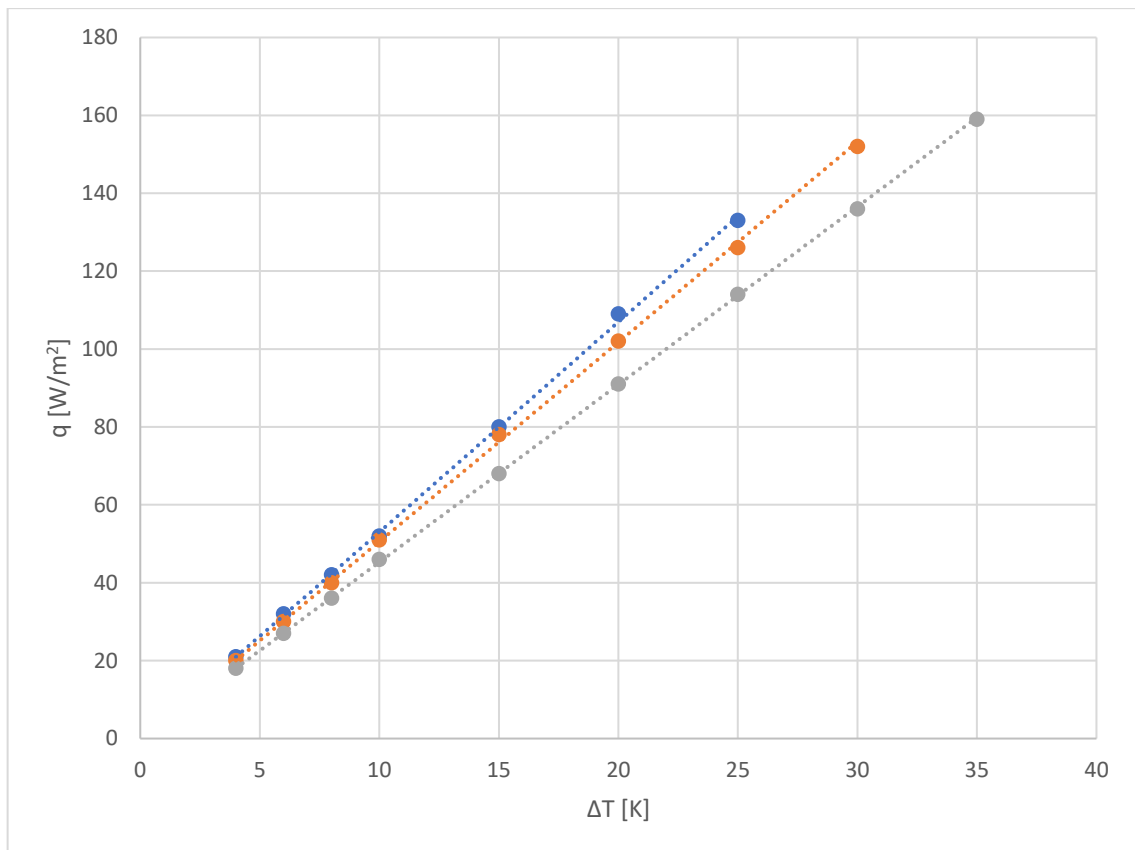
Obr. 34 Mokrý způsob pokládky Uponor [10]

Nejmenší rozteč pokládky dosahuje maximálního měrného tepelného toku garantovaný výrobcem při rozdílu teplot 25 °C a charakteristická rovnice vypadá takto:

$$q = 5,1512 * (\Delta T)^{1,0125} \quad (17)$$

Měrný tepelný tok mokrého způsobu pokládky Uponor s roztečí VA14 je charakterizován exponenciální rovnicí

$$q = 4,4804 * (\Delta T)^{1,0047} \quad (18)$$



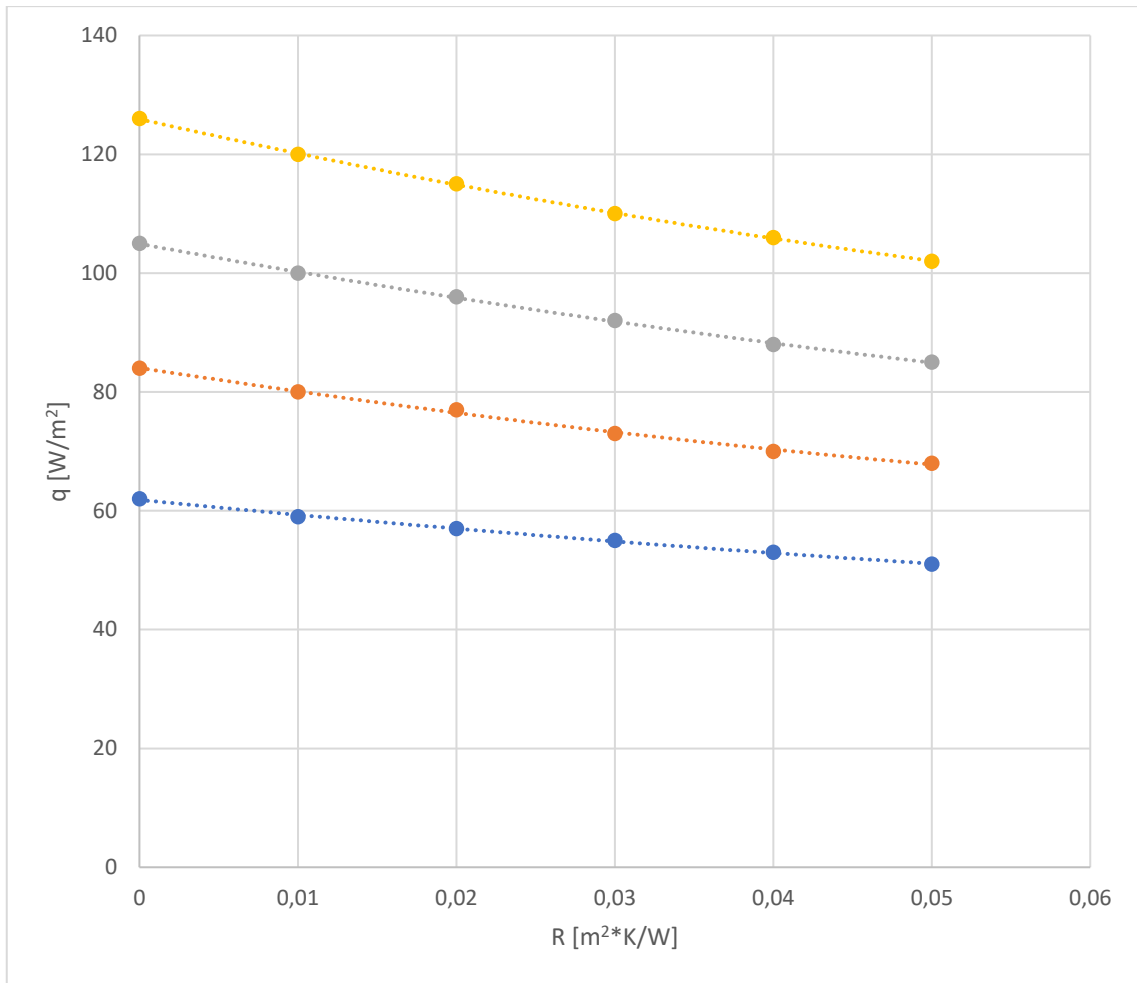
Obr. 35 Výkonová charakteristika mokrého způsobu pokládky Uponor; VA8 (modrá), VA10 (oranžová), VA14 (šedá)

4.3. Zhodnocení vlivu překryvné vrstvy

Součástí práce je porovnání výše zmíněných výrobců mezi sebou. Aby k takovému porovnání mohlo dojít, je třeba porovnávat systémy se stejnými vlastnostmi jako je například rozteč potrubí, vrstva překryvné omítky a druh omítky. Výrobci tyto parametry, až na výjimky, ale sjednocené nemají, a proto jsem prozkoumal vliv těchto parametrů a zahrnul je do zhodnocení, aby bylo objektivní.

4.3.1. Vliv překryvné vrstvy pro suchý způsob

Vliv suchého způsobu pokládky s omítkou jsem v této práci nezkoumal, protože v práci takové systémy nejsou a na trhu to není standardní varianta. Zkoumal jsem tedy změnu měrného tepelného toku v závislosti na tepelném odporu sádrovláknité desky nad otopným hadem. Respektive mezi potrubím a kontaktní plochou s místností. Tuto závislost jsem mohl prozkoumat pouze u výrobce Uponor, který v diagramu uvádí tuto závislost.



Obr. 36 Závislost měrného tepelného výkonu na tepelném odporu překryvné vrstvy suchého systému Uponor

Legenda obr. 36:

- Modrá – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 15 °C
- Oranžová – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 20 °C
- Šedá – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 25 °C
- Žlutá – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 30 °C

Tepelnou vodivost λ_{xA} používaných sádrovláknitých desek, kterou uvádí výrobci stěnového vytápění, dosahuje okolo 0,3 W/mK. Velikost překryvné vrstvy sádrokartonu se mimo jiné odvíjí i od technologie. Pokud je otopný had přímo v desce, vrstva nad potrubím se pohybuje okolo 4 až 5 mm. Takovými systémy jsou Rehau, Uponor. Pokud je otopný had překryt sádrovláknitou deskou, šířka překryvné vrstvy dosahuje od 10 do 15 mm. Takovými systémy jsou Kermi, Roth-Werke a Univeta.

Čím vyšších hodnot ΔT dosahuje, tím má šířka překryvné vrstvy větší vliv na měrný tepelný tok. Pokud se bavíme o systémech Rehau a Uponor, ztráta výkonu z důvodu vrstvy sádrokartonu může dosahovat okolo 7 %. Pro systémy Univeta a Roth-Werke, které používají sádrovláknité desky o tloušťce 10 mm, může ztráta měrného tepelného toku dosahovat 14 % a pro systém Kermi se sádrovláknitou deskou tloušťky 12,5 mm může být ztráta skoro 17 %.

Otázka, zdali by příští vývoj stěnové otopné plochy, příslušné legislativy a architektonických dovedností, zvládl vytvořit variantu stěnové otopné plochy bez překryvné vrstvy, a tím pádem bez ztrát na měrném tepelném výkonu.

4.3.2. Vliv překryvné vrstvy pro mokrý způsob

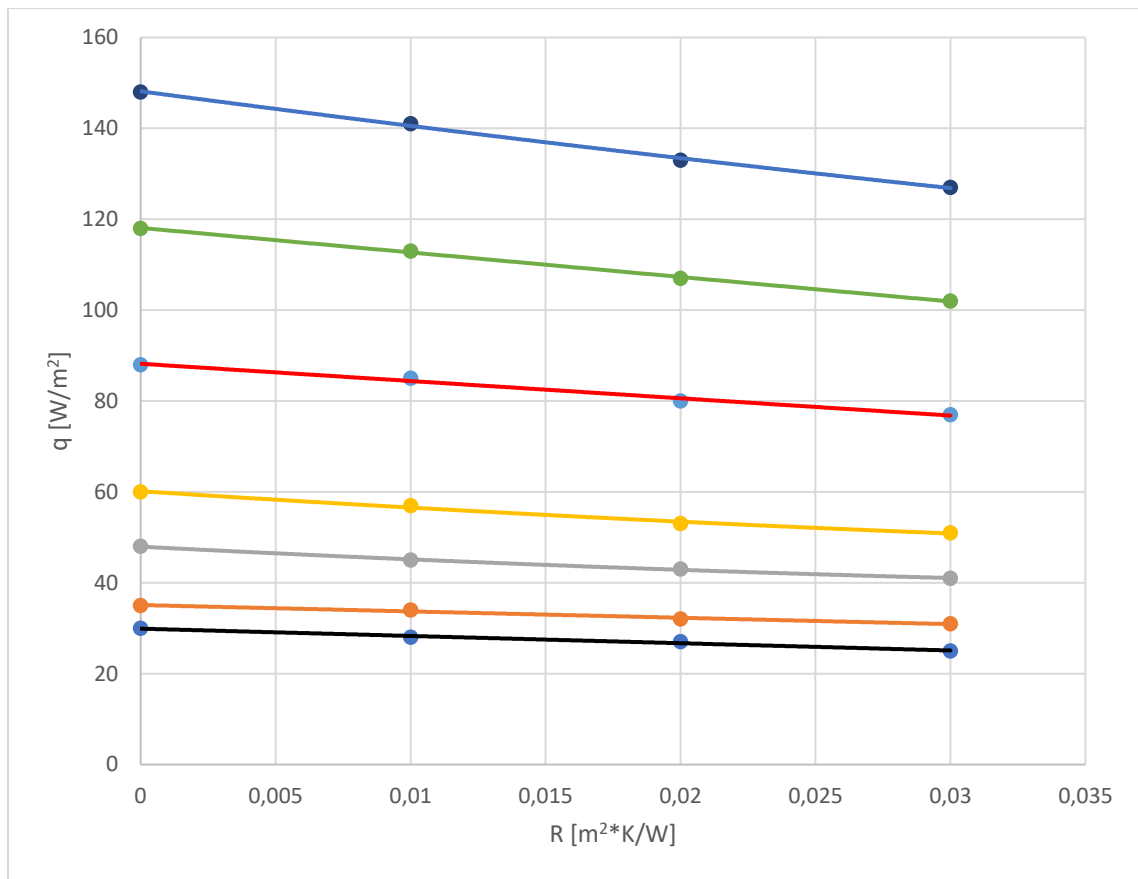
Tento vliv jsem prozkoumal na dvou systémech, od společnosti Rehau a Uponor. Tyto výrobci k systému uvádějí změnu výkonové charakteristiky v závislosti na vrstvě omítky, respektive na tepelném odporu R_{XA} , což je tepelný odpor překryvné omítky.

$$R_{XA} = \frac{d_{XA}}{\lambda_{XA}} \quad (19)$$

d_{XA} – tloušťka překryvné vrstvy nad potrubím

λ_{XA} – součinitel tepelné vodivosti překryvné vrstvy nad potrubím

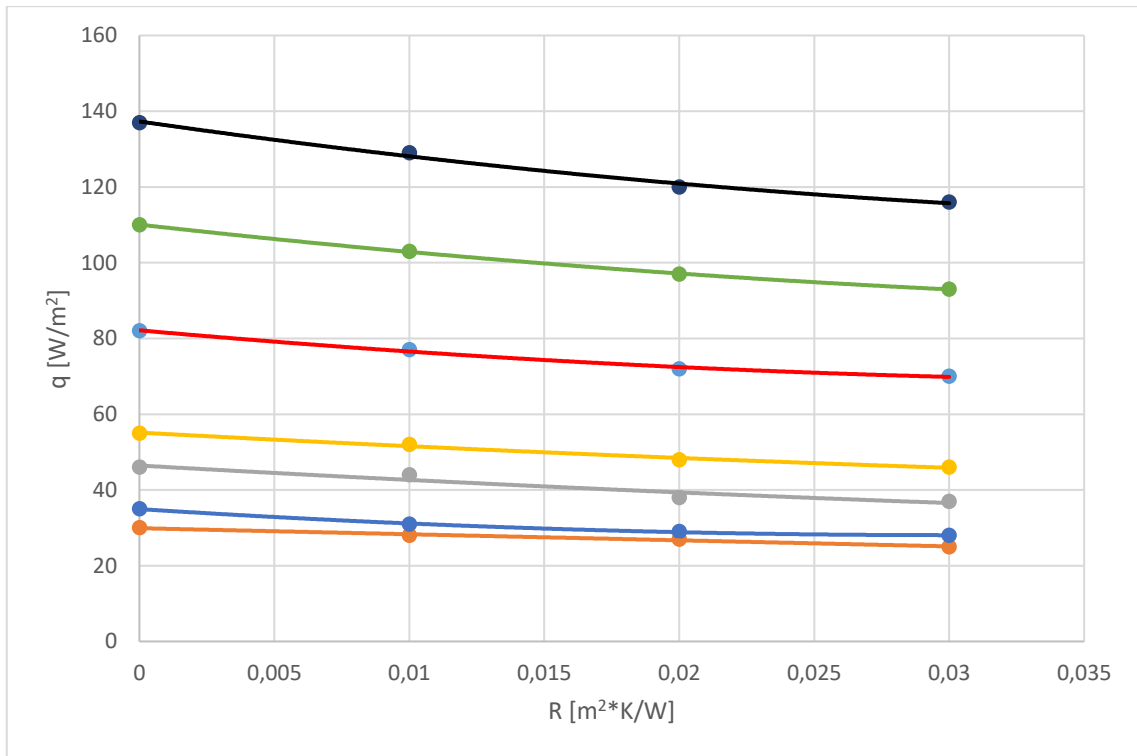
Zvolil jsem čtyři tepelné odpory, z nichž první je při tloušťce omítky 0 mm a tepelném odporu $R_{XA} = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$ a konečný odpovídá tloušťce omítky 21 mm a tepelnému odporu $R_{XA} = 0,03 \text{ m}^2\text{K/W}$. Standartně se překryvná vrstva omítá do 20 mm, proto jsem nezkoumal větší vrstvy. Tepelné odpory při těchto tloušťkách odpovídají standartním vápenným omítkám se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda_{XA} = 0,7 \text{ W/mK}$.



Obr. 37 Závislost měrného tepelného výkonu na tepelném odporu překryvné vrstvy mokrého systému Rehau

Legenda obrázku 37:

- Černá – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 5 °C
- Oranžová – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 6 °C
- Šedá – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 8 °C
- Žlutá – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 10 °C
- Červená – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 15 °C
- Zelená – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 20 °C
- Modrá – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 25 °C



Obr. 38 Závislost měrného tepelného výkonu na tepelném odporu překryvné vrstvy mokrého systému Uponor

Legenda obrázku 38:

- Oranžová – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 4 °C
- Modrá – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 6 °C
- Šedá – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 8 °C
- Žlutá – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 10 °C
- Červená – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 15 °C
- Zelená – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 20 °C
- Černá – při teplotním rozdílu vnitřní teploty místnosti a střední teploty vody 25 °C

Na obr. 37 a 38 je zřejmé, že vliv vrstvy omítky na měrný tepelný tok je výraznější při vyšších rozdílech teplot ΔT . Některé průběhy jsou lineární, což může být způsobené chybou odečtu dat z grafů výrobce. V tabulce 3 jsou rozdíly přehlednější. U všech variant mokrého systému je v montážních pokynech omítání překryvné vrstvy, tudíž se v praxi nesetkáme s nulovým tepelným odporem. Nejspíše je to z bezpečnostních důvodů, kvůli možnému poškození potrubí a také z estetických důvodů.

Tab. 3. Tabulka rozdílů měrných tepelných toků v závislosti na tepelném odporu překryvné vrstvy R_{XA}

| $\Delta T = T_m - T_i$ [K] | R_{XA} [m ² *K/W] | Uponor q [W/m ²] | Rehau q [W/m ²] |
|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 25 | 0 | 137 | 148 |
| 25 | 0,01 | 129 | 141 |
| 25 | 0,02 | 120 | 133 |
| 25 | 0,03 | 116 | 127 |
| | | | |
| 20 | 0 | 110 | 118 |
| 20 | 0,01 | 103 | 113 |
| 20 | 0,02 | 97 | 107 |
| 20 | 0,03 | 93 | 102 |
| | | | |
| 15 | 0 | 82 | 88 |
| 15 | 0,01 | 77 | 85 |
| 15 | 0,02 | 72 | 80 |
| 15 | 0,03 | 70 | 77 |
| | | | |
| 10 | 0 | 55 | 60 |
| 10 | 0,01 | 52 | 57 |
| 10 | 0,02 | 48 | 53 |
| 10 | 0,03 | 46 | 51 |
| | | | |
| 8 | 0 | 46 | 48 |
| 8 | 0,01 | 44 | 45 |
| 8 | 0,02 | 38 | 43 |
| 8 | 0,03 | 37 | 41 |
| | | | |
| 6 | 0 | 35 | 35 |
| 6 | 0,01 | 31 | 34 |
| 6 | 0,02 | 29 | 32 |
| 6 | 0,03 | 28 | 31 |
| | | | |
| 4 | 0 | 30 | - |
| 4 | 0,01 | 28 | - |
| 4 | 0,02 | 27 | - |
| 4 | 0,03 | 25 | - |
| | | | |
| 5 | 0 | - | 30 |
| 5 | 0,01 | - | 28 |
| 5 | 0,02 | - | 27 |
| 5 | 0,03 | - | 25 |

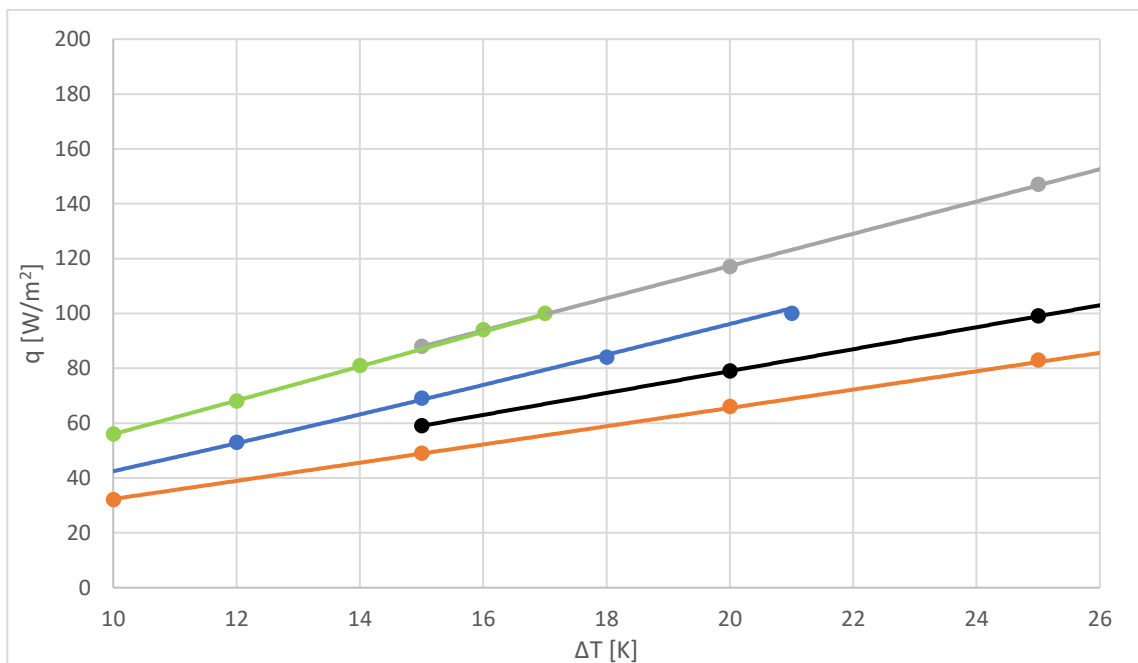
To, že se s nulovým odporem R_{XA} , respektive s žádnou překryvnou vrstvou, nesetkáme, je do budoucna pro trh se stěnovým vytápěním k zamyšlení. Kdyby se esteticky a bezpečně dal mokrá systém pokládky udělat bez překryvné vrstvy, měrný tepelný tok by nebyl ponížěn o 5 – 15 %. Standardně překryvná vrstva omítky dosahuje 10 – 15 mm. Pokud bychom mezi sebou porovnávali vrstvu 10 mm a 15 mm, výkonový rozdíl se liší přibližně o 3 – 7 %.

4.4. Porovnání systémů jednotlivých výrobců

Pro porovnání výkonových charakteristik je nejdůležitější dodržet stejné nebo podobné parametry. V kombinaci 5 výrobců to však nebylo zcela možné a v porovnání jsou odlišnosti zmíněny.

4.4.1. Zhodnocení systémů se suchým způsobem pokládky

Systémy stěnového vytápění pro suchý způsob pokládky jsem porovnával v rozmezí rozdílu teplot ΔT od 10 °C do 25°C. Toto rozmezí poměrně vystihuje standardní provozní stav. Někteří výrobci udávají hodnoty měrného tepelného toku i pro rozdíl teplot 30 °C.



Obr. 39. Porovnání suchých systémů; Rehau VA4,5 (modrá), Roth-Werke VA10 (šedá), Univeta VA4 (zelená), Uponor VA5 (černá), Kermi VA14 (oranžová)

Pro správné a korektní porovnání je třeba posuzovat systémy se stejnými parametry, jako je rozteč, šířka překryvné vrstvy a typ překryvné vrstvy. U suchých systémů ale mají výrobci natolik rozdílné parametry, že jsem zvolil co nejpodobnější a ve zhodnocení tyto rozdílnosti jsou zmíněny. Bavíme se tedy spíše o zhodnocení než o porovnání.

Dva nejvýkonnější systémy dle obr. 39 jsou systémy Univeta a Roth-Werke. Oba mají potrubí uložené v plechových panelech. Univeta má potrubí přímo v panelu a panely se zapojují do série. Roth-Werke systém otopný had vytváří až při montáži. Hliníkové panely jsou překryty sádrokartonovou deskou tloušťky 10 mm s tepelnou vodivostí $\lambda_{XA} = 0,3 \text{ W/mK}$. Výkonová charakteristika systému Univeta je dána pouze do teplotního rozdílu $\Delta T = 17 \text{ °C}$, kdyby se ale ΔT zvyšovalo, nelze předpokládat, že průběh bude podobný systému Roth-Werke, jelikož mají rozdílnou rozteč potrubí. Výkonová data Roth-Werke jsou pro rozteč 100 mm, zatímco výkonová data Univeta jsou dána pro rozteč 40 mm.

Dalším rozdílem je právě samo potrubí, kdy Roth-Werke vytváří otopný had potrubím s vnějším průměrem 14 mm, Univeta využívá potrubí s průměrem 8 mm. Průměr potrubí má vliv na charakteristické číslo otopné plochy $m \text{ [m}^{-1}\text{]}$. [4] [11]

$$m = \sqrt{\frac{2^*(\Lambda_a - \Lambda_b)}{\pi^2 * \lambda_d * d}} \quad (20)$$

Λ_a – Tepelná propustnost vrstev nad trubkami $[\text{W/m}^2 * \text{K}]$,

Λ_b – Tepelná propustnost vrstev pod trubkami $[\text{W/m}^2 * \text{K}]$,

λ_d – součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého jsou zality trubky $[\text{W/m} * \text{K}]$,

d – Vnější průměr trubek $[\text{m}]$.

Z rovnice 20 je patrné, že čím vyšší průměr potrubí otopného hadu je, tím je nižší charakteristické číslo otopné plochy a čím nižší je charakteristické číslo, tím sálavá otopná plocha dosahuje nižších výkonů.

Systém Rehau má trubky umístěné přímo v sádrokartonové desce o celkové šířce 15 mm. Tato šířka není pro nás zcela směrodatná. Primárně nás zajímá výška sádrokartonu mezi potrubím a kontaktní plochou s místností. Bohužel jsem v technických listech nenašel tento rozměr, tudíž jsem tento parametr nemohl zahrnout do zhodnocení.

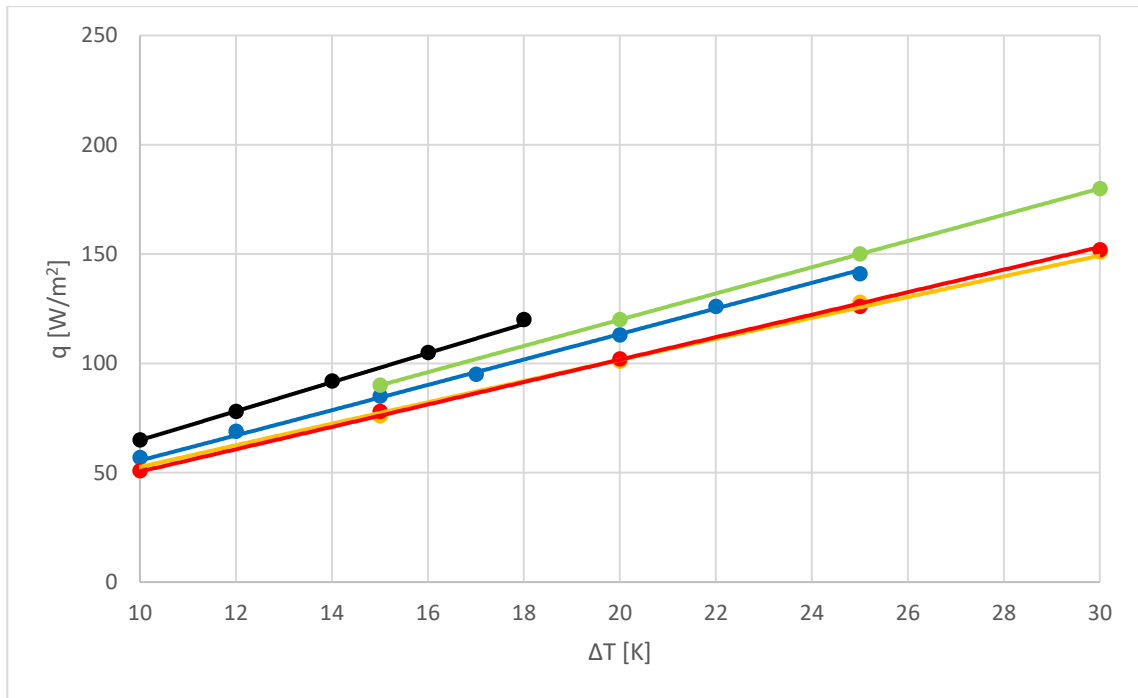
Velmi podobný je systém Uponor, sádrokartonová deska se stejnou tepelnou vodivostí λ_{XA} a se stejnou tloušťkou. Stejný materiál potrubí, zesíťovaný polyethylen. Rozdíl nastává ve vnějším průměru potrubí, Uponor používá potrubí s průměrem 9,9 mm, zatímco Rehau potrubí má vnější průměr 10,1 mm. Dalším rozdílem je rozteč, není výrazně odlišná, Rehau je systém s roztečí 45 mm, Uponor s roztečí 50 mm. Tyto drobné rozdíly v rozteči nejspíše způsobili vyšší výkonost na straně Rehau, i přes to, že Rehau využívá potrubí o větším průměru, což hraje v jeho neprospěch. Zároveň ale neznáme vrstvu sádrokartonu nad potrubím v desce Rehau, Uponor tuto vrstvu uvádí a dosahuje 4 mm. Můžeme jen hádat, že je podobná a dosahuje 4 až 5 mm.

Nejméně výkonným systémem je systém Kermi. Do této pozice ho nejspíše dostala největší rozteč ze všech posuzovaných systémů, která dosahuje 140 mm. Zároveň je tento systém překryt sádrokartonovou deskou tloušťky 12,5 mm, což je o 2,5 mm více, než u systému podobné konstrukce (Univeta, Roth-Werke). Navíc Kermi uvádí tepelnou vodivost sádrokartonu $\lambda_{XA} = 0,28 \text{ W/mK}$, což je o trošku méně, než uvádějí ostatní.

Obr. 39 nám ukazuje ještě jednu zvláštnost. Systém Roth-Werke má druhou nejvyšší rozteč, ale i tak dosahuje vyšších výkonů než systém Rehau nebo Uponor a zároveň Roth-Werke používá potrubí s největším průměrem. Další parametr, který hraje proti Roth-Werke, je vrstva sádrokartonu mezi potrubím a kontaktní plochou s místností. Dosahuje 10 mm, zatímco vrstva u Rehau nebo Uponor je menší. Roth-Werke oproti zmíněným systémům využívá panel z plechu. I Univeta využívá plechového panelu a výkonost má vyšší. Můžeme konstatovat, že využití plechových panelů má podstatný vliv na výkon otopné plochy. Systém Kermi využívá pouze plechových lameli, neskládá se z celých plechových panelů. Tyto lamely nejspíše nemají na výkon takový vliv, jako panely. Zároveň systém Kermi shazuje zmíněná velikost rozteče potrubí.

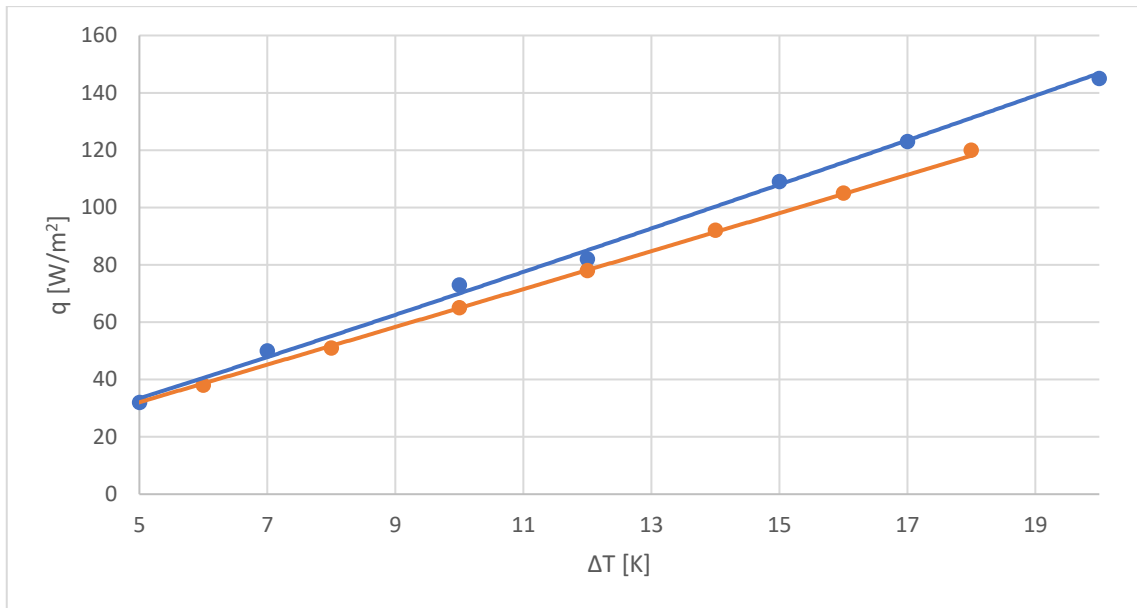
4.4.2. Porovnání systémů s mokrým způsobem pokládky

Nejčastějším provozním stavem stěnového vytápění je při rozdílu teplot ΔT od 15 do 30 °C. Bohužel mokré systémy Univeta nejsou standardně navrženy ani do ΔT 20 °C. Proto budeme posuzovat výkonost od ΔT 10 °C do 30 °C.



Obr. 40. Porovnání mokrých systémů; Univeta VA5 (černá), Rehau (Modrá), Roth-Werke (zelená), Uponor (červená), Kermi (žlutá)

Všechny systémy, které jsou vidět na obr. 40, mají rozteč potrubí 100 mm (VA10). Výjimkou je zde systém společnosti Univeta, která má se montuje s nejvyšší možnou roztečí 50 mm (VA5). Takto malou rozteč ze zmíněných výrobců umí jen systém Rehau. Právě díky této rozteči má nejvyšší měrné tepelné toky pro dané rozdíly teplot ΔT . Aby však měla Univeta rovnocenného konkurenta, na obr. 41 je porovnání se systémem Rehau se stejnou roztečí potrubí, tedy 50 mm (VA5).



Obr. 41. Porovnání mokrých systémů Rehau (modrá) a Univeta (oranžová)

Na obrázku je vidět poměrně zajímavý odskok dvou dvojic výrobců. Pojdme se podívat na první dvojici tvořenou systémem Rehau a Roth-Werke. Vrstva omítky systému Rehau je 10 mm s předepsaným součinitelem tepelné vodivosti $\lambda_{XA} = 0,7 \text{ W/mK}$, zatímco vrstva omítky systému Roth-Werke je 15 mm se součinitelem $\lambda_{XA} = 0,75 \text{ W/mK}$. Z logiky by Roth-Werke mělo být méně výkonné než Rehau, kvůli širší vrstvě překryvné omítky, ale nejspíše díky vyššímu součiniteli tepelné vodivosti se systému Rehau vyrovnává. Pokud by byla použita totožná omítka, nejspíše by měl systém Rehau vyšší tepelné toky, protože z části 4.3.2. víme, že rozdíl měrných tepelných toků systémů s 10 mm omítky a 15 mm omítky jsou od 3 – 7 %.

Druhou dvojicí je systém Uponor a Kermi. Výkonová charakteristika Uponor je pro vrstvu omítky 10 mm se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda_{XA} = 0,7 \text{ W/mK}$. Charakteristika systému Kermi je pro vrstvu omítky 15 mm s $\lambda_{XA} = 0,87 \text{ W/mK}$. Dokonce při vyšším rozdílu teplot je Kermi výkonnější, i přes větší tloušťku omítky. To je způsobeno vyšším součinitelem tepelné vodivosti.

Z porovnání obou dvojic výrobců je zřejmé, že důležitějším parametrem, než je tloušťka omítky, je druh omítky, respektive její součinitel teplotní vodivosti.

V rámci srovnání jsem se zaměřil i na porovnání systému Rehau a Uponor. I přes stejné vlastnosti omítky, jsou jejich charakteristiky rozdílné. Trubky systémů jsou ze stejného materiálu označován jako PEX, neboli síťovaný polyethylen. Rozdíl je vidět v jediném parametru, a tím je průřez potrubí.

Rehau trubky jsou označovány jako RAUTHERM SPEED 10,1 x 1,1 mm s průměrem potrubí 10,1 mm. Uponor používá potrubí Uponor PE-Xa 9,9 x 1,1 mm s průměrem potrubí 9,9 mm. Z předchozích kapitol víme, že čím menší průměr potrubí otopného hadu je, tím je větší charakteristické číslo m a tím je vyšší měrný tepelný tok. Tato skutečnost by tedy měla systém Uponor výkonově vyzdvihnout.

Celkové zhodnocení pro dvě situace je znázorněn v tabulce 5. Jedna situace pro rozdíl teplot $\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ a druhá pro $\Delta T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tab. 4. Porovnání 2 situací systémů mokré pokládky

| Systém | $\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ | $\Delta T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ |
|------------|--|--|
| Rehau | 85 W/m ² | 141 W/m ² |
| Univeta | 98 W/m ² | --- |
| Roth-Werke | 90 W/m ² | 150 W/m ² |
| Uponor | 78 W/m ² | 126 W/m ² |
| Kermi | 76 W/m ² | 128 W/m ² |

Bez ohledu na zmiňované odlišnosti je nejvýkonnějším systémem Roth-Werke v obou situacích. Systém Univeta jsem nevzal v potaz, kvůli odlišné rozteči otopného hadu.

5. Diskuze

V odstavci 4.4.1 je jasné, že porovnání systémů se suchým způsobem pokládky nedává smysl u zmíněných výrobců, jelikož stěžejní parametry, jako je například rozteč, nejsou sjednocené. Systémy byly spíše zhodnoceny a konstrukční rozdíly okomentovány a k porovnání docházelo pouze mezi jednotlivými parametry než celými systémy.

Systém Roth-Werke vzhledem k velikosti jeho rozteče oproti ostatním systémům vybočuje svým výkonem. Je třeba si položit otázku, kdo výkonové charakteristiky vykonával a jaké byly měřící procesy. Pro korektní a správné porovnání, by bylo ideální stěnové systémy změřit v laboratoři, to však bylo nad rámec této práce. Každopádně toto měření by ukázalo, jak jsou informace výrobcem Roth-Werke validní.

V odstavci 4.4.2. bylo možné skutečně porovnávat, jelikož stěžejní parametry, jako je rozteč, byly až na jednu výjimku sjednoceny. Nejvýkonnější systém je systém společnosti Roth-Werke. Je výkonnější i přes to, že má větší vnější průměr potrubí a

větší vrstvu omítky, nutno dodat, že s vyšší tepelnou vodivostí. I tak se ale výsledek jeví jako podezřelý a v rámci navazující práce by bylo zajímavé systém Roth-Werke změřit a porovnat výsledky měření s udávanými parametry.

Systémy Rehau a Uponor jsou si konstrukčně velmi podobný, avšak velikost měrného tepelného toku při stanovených podmínkách byla poměrně odlišná. Což lze také považovat za zvláštnost.

Aby veškeré informace o výkonu byly zcela správné a validní, bylo by třeba provést přesné měření. Určité výkonové „anomálie“ jsou v práci zmíněny a je možné, že některé detailnější konstrukční prvky mají zásadní vliv na výkon.

6. Závěr

V teoretické části diplomové práce byla nejdříve popsána tepelná pohoda, parametry, které tepelnou pohodu ovlivňují, jako například vertikální a horizontální teplotní profil, teploty a odlišnosti proudění vzduchu dle zvolené technologie vytápění. Bylo popsáno stěnové sálavé vytápění a rozděleno podle způsobů pokládky na mokré a suché systémy.

Praktická část zmiňuje některé výrobce stěnového vytápění. Podrobně zkoumá konstrukční parametry, montážní postup a výkonové parametry. Stěžejním výkonovým parametrem byl zvolen měrný tepelný tok a jeho data byla odečtena z technických podkladů a volně dostupných katalogů. Výkonové charakteristiky byly u každého výrobce pro oba způsoby pokládky graficky zpracovány a popsány exponenciální rovnicí.

Výkonnosti a systémové parametry byly u mokrého způsobu porovnány. U suchého způsobu nebylo možno výkonové charakteristiky systémů mezi sebou porovnávat, jelikož stěžejní parametry, jako je například rozteč trubek, nebyly sjednocené. Vliv parametrů je v práci popsán.

Seznam použitých zdrojů

- [1] BAŠTA, Jiří. *Otopné plochy - otopná tělesa*. 2. přepracované vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05943-2.
- [2] *Kulový teploměr a jeho vývoj z hlediska hodnocení tepelné pohody organismu*. Online. In: Tzbinfo. 2005. [cit. 2024-06-01]. Dostupné z: <https://vetrani.tzbinfo.cz/vnitri-prostredi/2896-kulovy-teplomer-a-jeho-vyvoj-z-hlediska-hodnoceni-tepelne-pohody-organismu>
- [3] BAŠTA, Jiří a Ondřej HOJER. *Sálavé a průmyslové vytápění*. 1. vydání. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2021. ISBN 978-80-01-06814-4.
- [4] BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3524-5.
- [5] Rehau: *Plošné vytápění/chlazení* [online]. [cit. 2024-06-01]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/cz-cs>
- [6] BAŠTA, Jiří a BOHÁČ, Jindřich. *Teplotní exponent otopných těles*. Online. In: Tzbinfo. 2021. [cit. 2024-06-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzbinfo.cz/otopne-plochy/23082-teplotni-exponent-otopnych-teles>.
- [7] Kermi: *Vnitřní klima: Plošné vytápění a chlazení* [online]. [cit. 2024-06-01]. Dostupné z: <https://www.kermi.cz/vnitri-klima/produkty/plosne-vytapani/chlazení>
- [8] Roth Werke: *Roth Flächen-Heiz- und Kühlsysteme* [online]. [cit. 2024-06-01]. Dostupné z: <https://www.roth-werke.de/roth-flaechen-heiz-und-kuehlsysteme>
- [9] Univent: *Stěnové topení/chlazení* [online]. [cit. 2024-06-01]. Dostupné z: <https://www.univenta.cz/stenove-topeni-chlazení>
- [10] Uponor: *Stěnové vytápění a chlazení* [online]. [cit. 2024-06-01]. Dostupné z: <https://www.uponor.com>
- [11] BAŠTA, Jiří. *Podlahové vytápění (III): Projektování - Výpočet*. Online. In: Tzbinfo. 2006. [cit. 2024-06-01]. Dostupné z: <https://vytapani.tzbinfo.cz/podlahove-vytapani/3449-podlahove-vytapani-iii>.

- [12] ZMRHAL, Vladimír. Stanovení střední radiační teploty (I). Online. In: Tzbinfo. 2006. [cit. 2024-06-01]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/3072-stanoveni-stredni-radiacni-teploty-i>.
- [13] BAŠTA, Jiří a BOHÁČ, Jindřich. Stěnové vytápění – energeticky efektivní řešení vytápění? Online. In: Tzbinfo. 2022. [cit. 2024-06-01]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/3072-stanoveni-stredni-radiacni-teploty-i>.

Přílohy

Přílohy jsou dostupné na přiloženém CD.

Příloha 1. – Excel s výpočty a grafickými závislostmi měrného tepelného výkonu

Příloha 2. – Katalogy výrobců

Příloha 3. – Výkonové charakteristiky výrobců