

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV
ODBOR TERMOMECHANIKY A TECHNIKY PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

NÁZEV

POROVNÁNÍ RŮZNÝCH ZPŮSOBŮ PODLAHOVÉHO
VYTÁPĚNÍ

Vypracoval: Jiří Klusák

Vedoucí diplomové práce: Ing. Josef Štětina

Číslo diplomové práce: VUT-EU-ODDI-3302-26-04

Celkový počet stran: 61

BRNO

září 2004

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tuto diplomovou práci jsem vypracoval samostatně bez cizí pomoci.
Vycházel jsem při tom ze svých znalostí, odborných konzultací a doporučené literatury,
uvedené v seznamu..

V Brně dne 2004

.....
podpis

Anotace

OBSAH

1	HISTORIE PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	9
2	PRINCIP SÁLAVÉHO VYTÁPĚNÍ	11
2.1	FAKTORY TEPELNÉ POHODY S OHLEDEM NA PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ ..	11
2.1.1	LOKÁLNÍ TEPELNÁ NEPOHODA V DŮSLEDKU PŘÍLIŠ TEPLÉ PODLAHY	12
2.1.2	LOKÁLNÍ TEPELNÁ NEPOHODA V DŮSLEDKU SÁLANÍ STĚN	13
3	CHARAKTERISTIKA A ROZDĚLENÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	14
3.1	ROZDĚLENÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	15
3.1.1	KONSTRUKCE PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	17
3.1.2	DĚLENÍ PODLE MÉDIA	21
3.1.3	DĚLENÍ PODLE AKUMULAČNÍCH SCHOPNOSTÍ	23
3.1.4	DĚLENÍ PODLE MONTÁŽE	25
3.1.5	DĚLENÍ PODLE MATERIÁLU	26
3.1.6	DĚLENÍ DLE DISPOZICE	28
3.1.7	DĚLENÍ PODLE PROVEDENÍ	29
4	VÝHODY A NEVÝHODY PODLAHOVÝCH SYSTÉMŮ	33
5	NÁVRH A VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	35
5.1	VÝPOČET TEPELOVODNÍHO PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	35
5.2	HYDRAULICKÝ VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	40
6	SYSTÉMY PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ NA NAŠEM TRHU	43
7	NEJČASTĚJŠÍ ZAPOJENÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ SE ZDROJÍ TEPLA	44
8	SYSTÉMY REGULACE PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	47
8.1	REGULACE TEPELOVODNÍCH PODLAHOVÝCH VYTÁPĚCÍCH SOUSTAV ...	47
8.1.1	REGULACE CENTRÁLNÍ - REGULACE ZDROJE	47
8.1.2	REGULACE MÍSTNÍ – REGULACE OTOPNÝCH PLOCH	48
8.1.3	KOMBINOVANÉ REGULACE	50
8.2	REGULACE ELEKTRICKÉHO PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	50
9	SROVNÁNÍ SYSTÉMŮ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	52
9.1	ELEKTRICKÉ PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	52
9.2	TEPELOVODNÍ PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	52
9.2.1	BIOMASA	53
9.2.2	PLYN	53
9.2.3	ELEKTROKOTEL	53
9.2.4	TEPELNÉ ČERPADLO	54
9.2.5	SOLÁRNÍ OHŘEV	54
10	POUŽITÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ V NÍZKOENERGETICKÝCH DOMECH ..	55
10.1	DEFINICE NÍZKOENERGETICKÉHO DOMU	55
10.2	VYTÁPĚNÍ NÍZKOENERGETICKÝCH DOMŮ	56
10.2.1	TEPELOVODNÍ VYTÁPĚNÍ V NÍZKOENERGETICKÝCH DOMECH	57
10.3	NÍZKOENERGETICKÉ DOMEY A PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	58
11	PROJEKT	59
12	ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ	60

SEZNAM SYMBOLŮ

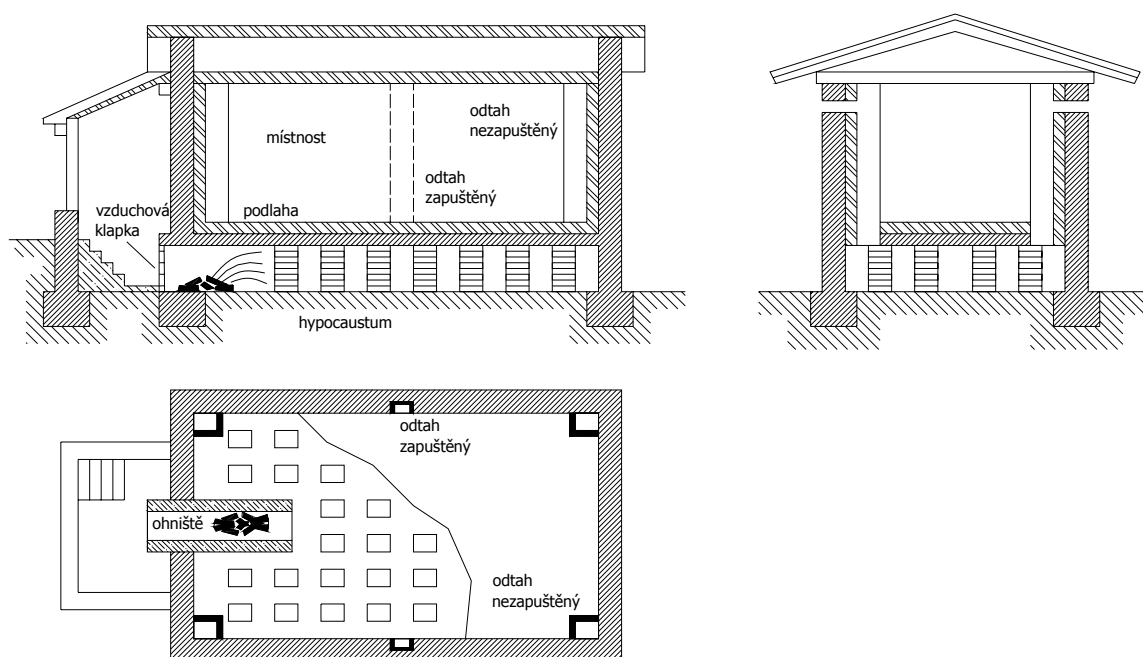
Značka	Veličina	Jednotka
A	délka místnosti	m
O _p	obvod topné podlahové plochy vymezené krajními trubkami	m
Q	tepelný tok	W
Q _{PC}	celkový tepelný příkon resp. výkon otopné plochy	W
Q _c	celková tepelná ztráta místnosti	W
Q _o	tepelný výkon okrajové plochy	W
R	poloměr zakřivení oblouku	m
R _{cl}	tepelný odpor	m ² .K.W ⁻¹
R _{str}	tepelný odpor stropní desky	m ² .K.W ⁻¹
S _p	velikost otopné plochy	m ²
S _j	plocha j-té stavební konstrukce	m ²
V	objemový průtok vzduchu	m ³ .s ⁻¹
a	tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubek	m
b	vzdálenost krajních trubek od svislých konstrukcí	m
c	měrná tepelná kapacita	J.kg ⁻¹ .K ⁻¹
d	vnější průměr trubek	m
d _i	vnitřní průměr potrubí	m
l	rozteč trubek	m
l _o	délka části místnosti bez otopného hadu	m
l _p	délka trubek otopného hadu	m
m	charakteristické číslo podlahy	m ⁻¹
n	počet řad trubek otopného hadu	1
p _i	tlak vodní páry vnitřního vzduchu	Pa
q, q _H	měrný tepelný výkon plochy	W.m ⁻²
q _u	činnost člověka	W.m ⁻²
r	šířka okrajové plochy podlahy	m
t _p	střední teplota otopné plochy	°C
t _e	venkovní oblastní výpočtová teplota	°C
t _i	vnitřní výpočtová teplota	°C
t _m	střední teplota otopné vody	°C
t _u	průměrná účinná teplota okolních ploch	°C
t _v	teplota vnitřního vzduchu	°C
t ₁	teplota přívodní vody	°C
t ₂	teplota zpětné vody	°C
v _i	rychlost proudění vnitřního vzduchu	m.s ⁻¹
Δp _z	celková tlaková ztráta otopného hadu	Pa
Δp _λ	tlaková ztráta třením	Pa
Δp _ξ	tlaková ztráta místními odpory	Pa
Δt	ochlazení na otopném hadu	K
Λ _a	tepelná propustnost vrstev nad trubkami	W.m ⁻² .K ⁻¹
Λ _b	tepelná propustnost vrstev pod trubkami	W.m ⁻² .K ⁻¹
Λ _j	tepelná propustnost j-té stavební konstrukce	W.m ⁻² .K ⁻¹
α _p , α _{ges}	celkový součinitel přestupu tepla	W.m ⁻² .K ⁻¹
α _p	součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy	W.m ⁻² .K ⁻¹
λ	teplotní vodivost,	W.m ⁻¹ .K ⁻¹
	součinitel třecí ztráty	1
λ _a , λ _d	součinitel tepelné vodivosti materiálu do kterého jsou zalaty trubky	W.m ⁻¹ .K ⁻¹

ξ	součinitel místního odporu	1
ξ_φ	součinitel místního odporu oblouku úhlu φ	1
ρ	hustota vzduchu	kg.m^{-3}
v_H	teplota v místnosti	$^{\circ}\text{C}$
v_r	teplota otopné plochy	$^{\circ}\text{C}$
φ	úhlová míra	($^{\circ}$)

1 HISTORIE PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Nejstarším typem vytápění bylo vytápění lokální a to ve formě otevřeného ohniště se spalováním dřeva. Největším nedostatkem ohniště bylo nadměrné množství vznikajícího kouře. Každý z národů se s tím vypořádával po svém. Tak například staří Římané vynalezli dřevěné uhlí, které se spalovalo bez vzniku kouře na plochých kovových pánvích. Toto byl nejrozšířenější způsob vytápění ve starověku. Asi od 10. stol.n.l. nahradilo otevřené ohniště částečně uzavřené ohniště, ze kterého se kouř odváděl průduchem do stropního prostoru a později přišlo na řadu úplně uzavřené ohniště s komínem vyvedeným nad střechu objektu. Tyto ohniště byly nejprve zhotovené z kamene, hlíny a později kachlové. V 17. Století se začalo vytápět železnými pecemi.

Prvním ústředním vytápěním bylo starořímské hypokaustum (navrhl ho Sergius Orat v roce 80 př.n.l.). Bylo to vlastně ohniště bez roštu na spalování dřeva. Teplé kouřové spaliny proudily do dutin pod celým domem a tak ohřívaly podlahu a od ní se ohříval vzduch v místnostech domu. Samotné kouřové spaliny se odváděly přes jednu nebo více šachet situovaných v obvodových stěnách, které ústily do venkovního prostoru bočními otvory ve stěnách. Rozmach tohoto typu vytápění nastal v Římské říši na počátku našeho letopočtu a jen v Římě bychom našli mnoho domů, které se vytápěly hypokaustovským způsobem, jako například Caracalové termie – koupele, Diokleciánovi koupele.

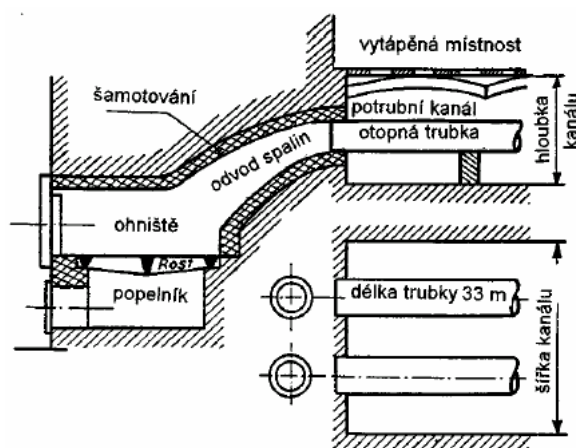


Obr. 1. Schéma starořímského ústředního podlahového vytápění – hypokaustum

Zlepšením tohoto systému bylo kanálkové vytápění, při kterém nebyla pod podlahou domu dutina, ale spaliny proudili skrz rozvětvený systém kanálků pod podlahou. Toto byl opravdu první podlahový systém vytápění. Teplonosným médiem byl však ještě vzduch.

U nás lze na podlahové vytápění narazit například při prohlídce hradů Vranova a Bítova, kde syn pána Smila z Lichtengergu Herych, přívrženec krále Zikmunda, nechal hrady kolem roku 1500 přestavět a tento typ vytápění zbudovat.

Evropě se podlahové vytápění objevuje ve větší míře až v 18. století ve Francii, avšak ponejvíce se uplatnilo v Německu. V roce cca 1840 byl učiněn v Anglii pokus s vytápěním dílen trubkami, kterými procházeli spaliny z topeniště. V německé příručce pro inženýry vytápění z roku 1953 je uvedeno kanálové vytápění, které bylo používáno pro vytápění velkých prostorů jako byla musea a haly.



Obr. 2. Schéma kanálového vytápění kouřovými plyny za použití trubek

Vytápění takových místností bylo řešeno kouřovými trubkami, které byly uloženy v kanálech přikrytých děrovanými deskami. Kanály byly buď v podlaze nebo ve vnějších stěnách. Jako zdroj tepla pro vývin spalin o vysoké teplotě sloužila kamna. Spaliny byly z topeniště přímo vedeny do trubek a tudíž proudily ke komínu.

Začátkem 20. století se velmi rozšířilo teplovodní vytápění s nuceným oběhem vody a stalo se standardem ve vytápění obytných i občanských budov. Jednalo se prakticky jen o radiátorové soustavy.

Původcem “novějších” sálavých otopných soustav se zabetonovanými vytápěcími tělesy do desek připevněných na povrchy stěn byl v roce 1907 Angličan Barker. Později v roce 1926 s anglickou firmou Crittal navrhoval a realizoval vytápění pomocí teplovodní otopné soustavy známé pod stejnojmenným označením (Crittall) jež používala ocelové trubky zabetonované ve stropní desce. Byla často osazována do obytných domů, nemocnic, škol a administrativních budov. Dokonce první typy bytových panelových domů byly vybaveny touto otopnou soustavou. Se zavedením hromadné bytové výstavby bylo od této otopné soustavy upuštěno, protože brzdila postup stavebních prací.

Navzdory tomu, že podlahový systém vytápění teplým vzduchem je znám již 2000 let a teplovodní vytápění podlah objeveno již skoro 150 let, o větším rozmachu “podlahovek” se dá hovořit až v současné době s rozvojem moderních systémů tohoto typu vytápění.

2 PRINCIP SÁLAVÉHO VYTÁPĚNÍ

Při sálavém vytápění interiérů se využívá hlavně sálavý tepelný tok vytápěné plochy (tělesa), kterým se přímo, to jest bez interiérového vzduchu jako prostředníka, zahřívají okolní plochy a stěny stavebních konstrukcí. Na přenos tepla konvekcí připadá jen velmi malá část tepelného toku. Proto i vnitřní povrchové teploty stavebních konstrukcí vytvářejících interiér jsou u sálavého vytápění teplejší než vzduch v těchto místnostech (na rozdíl od konvekčního vytápění). Sáláním se přenáší 60-80% tepelného toku a zbytek konvekcí. Z toho vyplývají požadavky na zabezpečení –

- tepelné rovnováhy osálaných stěn
- tepelné rovnováhy větracího vzduchu
- tepelné rovnováhy člověka v interiéru.

Cílem vytápění interiérů je zabezpečit tepelnou pohodu člověka. To znamená, že musí být dosaženo takových poměrů, při kterých člověk necítí ani chlad ani nadměrné teplo. Tedy není zatížen termoregulační systém člověka, to znamená, že kritérium výskytu průměrné povrchové teploty a množství potu vylučovaného pokožkou je ve správných mezích.

2.1 FAKTORY TEPELNÉ POHODY S OHLEDEM NA PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Faktory tepelné pohody jsou

- faktory člověka
 - činnost q_u ($W.m^{-2}$)
 - tepelný odpor R_{cl} ($m^2.K.W^{-1}$)
- faktory vnitřního prostředí
 - teplota vnitřního vzduchu t_i ($^{\circ}C$),
 - průměrná účinná teplota t_u ($^{\circ}C$),
 - rychlost proudění vnitřního vzduchu v_i ($m.s^{-1}$)
 - tlak vodní páry vnitřního vzduchu p_i (Pa)

dále je pro dodržení tepelné pohody nutno vyvarovat se :

- asymetrickému tepelnému osálení
- vertikálnímu teplotnímu gradientu vzduchu
- příliš teplé nebo chladné podlaze
- nadměrnému lokálnímu proudění vzduchu

V souvislosti s podlahovým vytápěním dostává velkou váhu zejména dodržení faktoru účinné teploty okolních ploch t_u . Je definována jako teplota ploch interiéru, při které by byl celkový tepelný tok sáláním mezi okolními plochami a povrchem lidského těla rovný. Lidské tělo by mělo sáláním vydat asi 42% celkového produkovaného tepla. Dolní hranice teplot stěn by neměla klesnout 2-4 $^{\circ}C$ pod teplotu vnitřního vzduchu a horní hranice teplot by neměla přesáhnout teplotu lidského těla o 6 až 8 $^{\circ}C$. Nízkoteplotní vytápěním, kterým podlahové vytápění je, splňuje oba dva požadavky. Má nižší povrchovou teplotu vytápěné plochy a zároveň zahřívá vnitřní povrch okolních stěn o 2-3 $^{\circ}C$ stupně nad teplotu vnitřního vzduchu.

Vztah mezi teplotami t_i a t_u vyjadřuje rovnice :

$$t_i = 0,57 t_v + 0,43 t_u$$

Při nízkoteplotním vytápění se může v důsledku nesprávného návrhu respektive provozování otopné soustavy vzniknout lokální tepelná nepohoda a to v důsledku :

- příliš teplé podlahy
- sálavé asymetrie stropu
- chladného sálání stěn

2.1.1 LOKÁLNÍ TEPELNÁ NEPOHODA V DŮSLEDKU PŘÍLIŠ TEPLÉ PODLAHY

Teplota podlahy má podstatný vliv na průměrnou účinnou teplotu interiéru. Teplota podlahy závisí hlavně na tepelně technických parametrech jejích vrstev. Je tedy důležité poznat jaké teploty člověk akceptuje při libovolném časovém kontaktu a při použití různého obutí.

Na základě teorie přenosu tepla byly zjištěny a ověřeny optimální hodnoty teplot pro jednotlivé povrchy po kterých chodí neobutí lidé.

podlahový materiál	optimalizovaná povrchová teplota podlahy		doporučený interval povrchové teploty podlahy t_p (°C)
	1.min	10.min	
Textílie	21	24,5	21,0 - 28,0
Korek	24	26	23,0 - 28,0
Borovicové dřevo	25	26	22,5 - 28,0
Dubové dřevo	26	26	24,5 - 28,0
PVC na betoně	28	27	25,5 - 28,0

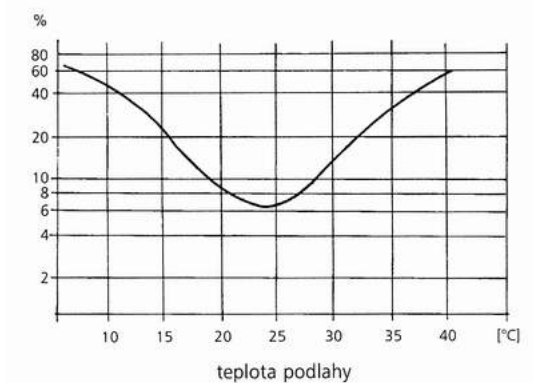
podlahový materiál	optimalizovaná povrchová teplota podlahy		doporučený interval povrchové teploty podlahy t_p (°C)
	1.min	10.min	
Tvrdé lino na dřevě	28	26	24,0 - 28,0
Plynobeton	29	27	26,0 - 28,5
Betonová mazanina	28,5	27	26,0 - 28,5
Mramor	30	26	28,0 - 29,5

Tab.1. Optimální teplota podlahy používané neobutými lidmi

Podlahy, po kterých chodí obutí lidé, z hlediska použitého materiálu neovlivňují výrazně stav tepelné pohody člověka. Doporučuje se optimální teplota povrchu 23-25 °C.

Při použití podlahového vytápění je důležité aby průměrná povrchová teplota nebyla vyšší než 29°C. Při takto uvažovaných optimálních teplotách podlahy pociťuje přibližně 6% uživatelů lokální tepelnou nepohodu, což vyjadřuje i grafická závislost mezi procentem nespokojených uživatelů a teplotě podlahy. Teplota podlahy by však neměla být v okamžiku styku chodidla s podlahou ani příliš chladná, protože chodidla jsou částí těla, která v důsledku malého prokrvení pomalu reaguje na změnu teploty.

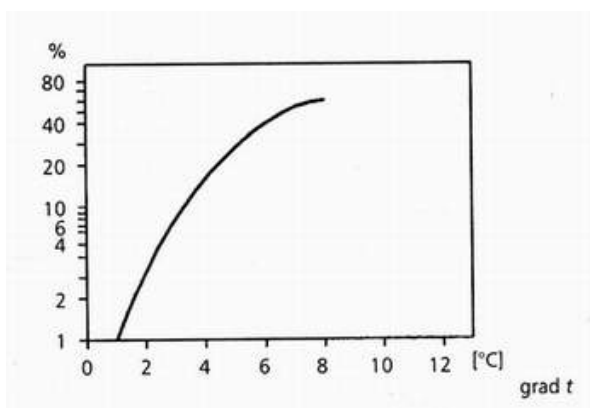
Při kontaktu chodidel se studenou podlahou se předá více tepla vedením oproti jiným formám přenosu tepla. To je příčinou časté nespokojenosti při použití konvekčního vytápění. Z psychofyzikálních testů vyplývá, že při optimálních teplotách povrchů podlah bude nespokojených méně než 15% což je přijatelné.



Obr.3. Grafické znázornění závislosti procenta nespokojených na teplotě podlahy

2.1.2 LOKÁLNÍ TEPLENÁ NEPOHODA V DŮSLEDKU SÁLÁNÍ STĚN

Asymetrické tepelné sálání může mít příčinu nejen ve špatně provozovaném podlahovém vytápění, ale také v neizolovaných tenkých stěnách a chladu přicházejícím od oken. Na základě dřívějších výzkumů se doporučuje, aby asymetrická sálavá teplota způsobená převážně okny anebo jinými menšími vertikálními chladnými povrchy nebyla nižší než 10°C.

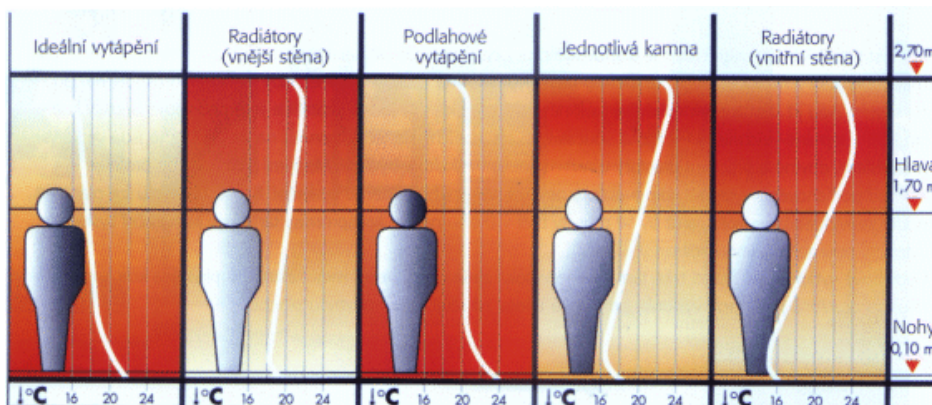


Obr.4. -Závislost procenta nespokojených v důsledku chladného sálání stěn

3 CHARAKTERISTIKA A ROZDĚLENÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Jak již bylo popsáno v kap 2., podlahové velkoplošné vytápění není žádnou velkou novinkou. V minulosti se používalo především jako doplňkové ke stropnímu, pokud plocha stropu nestačila na pokrytí tepelných ztrát. Výraznějšímu rozšíření podlahového vytápění bránil i požadavek na nízké teploty povrchu podlahy s čímž souvisel i malý tepelný výkon. Nové konstrukce, architektonické návrhy, zlepšení technických vlastností budov a nové materiály pro provedení vytápěcích systémů v současnosti umožnily vznik celé řady systémů podlahového vytápění. Velkou měrou k tomu přispěly i poznatky o využití nízkopotenciálního tepla převedené do praxe. Jedná se zejména o využití solární a geotermální energie a její transformace na energii pro vytápění pomocí solárních kolektorů a tepelných čerpadel, zástupců nových moderních technologií pro vytápění.

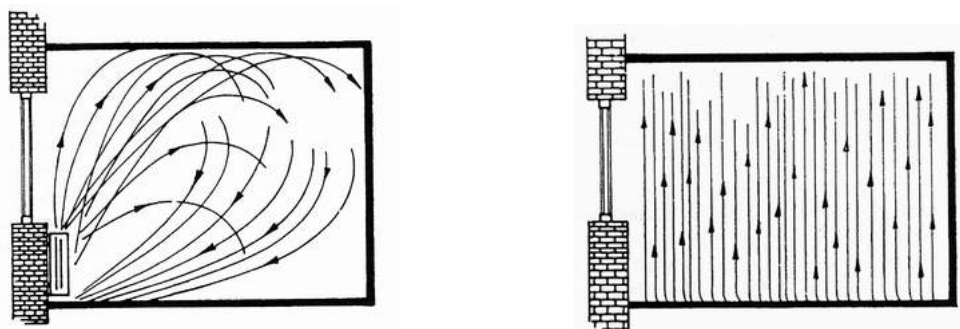
Volba podlahového vytápění je podmíněná především charakterem samotného objektu. Ten musí splňovat tepelnětechnické vlastnosti, aby zejména průměrná tepelná ztráta byla menší než $20 \text{ až } 25 \text{ W/m}^3$, resp. průměrná roční spotřeba tepla nižší než $70 \text{ až } 80 \text{ kWh/m}^2$. Z uvedeného vyplývá, že minimální energetická náročnost je způsobena především vlastním objektem, dále provozním režimem s možností akumulace tepla v podlaze s tepelnou setrvačností přibližně 4 až 8 hodin a s vysokým stupněm samoregulace.



Obr. 5. – Pole teplot při použití jednotlivých druhů vytápění

Optimální tepelný stav interiérů s podlahovým vytápěním bývá obvykle o 2 až 3 °C nižšími výslednými teplotami než při konvekčním vytápění a zároveň takřka ideálním vertikálním a horizontálním rozložením gradientu teplot. Ať už mluví zkušenosti, které jsou s tělesy ústředního topení, elektrickými přímotopy či plynovými radiátory typu WAW, jisté je, že o žádný velký komfort nejde. Všechny tyto takzvané bodové zdroje tepla mají totiž jedno společné: jejich povrch se zahřívá na vysoké teploty, čímž se značně snižuje vlhkost vzduchu. Jedinou obranou jsou odparníky zavěšené na topných tělesech, případně trvale zapojený zvlhčovač vzduchu. Nežádoucí vysoušení vzduchu, které tolik komplikuje život každému, kdo má dýchací potíže, není jediným problémem bodových zdrojů tepla. Tím dalším je cirkulace vzduchu, na niž je založen jejich funkční princip. V cirkulujícím vzduchu se víří usazený prach - a ten je zase nepřítelem alergiků. A každý zdravý člověk ví, že když je chladno od nohou, je zima po celém těle, ať je kolik chce stupňů. To vše hovoří zcela výmluvně ve prospěch podlahového vytápění.

Z výše popsaného je zřejmé, že podlahové vytápění patří mezi systémy sálavého vytápění, přičemž ale podíl sálavé složky na celkovém přenosu tepla z velkoplošného tělesa je jen o něco větší než přenos tepla konvekci (55% : 45%). To současně velice dobře vzájemně ovlivňuje výhody použití/výskytu obou způsobů přenosu tepla do interiéru.



Obr.6. – Proudění vzduchu při radiátorovém a podlahovém vytápění

Vzhledem k hygienickým požadavkům souvisejícím s limitovanou teplotou podlahy a tím i relativně nižšími výkony vytápěné podlahy, jsou teplosné kabely nataženy zpravidla pod celou plochou podlahy. To pozitivně ovlivňuje zejména rovnoměrnost přenosu tepla v interiéru a napomáhá vytvořit teplotně homogenní prostředí.

Vzhledem k uváděným faktům se velkoplošné podlahové vytápění stává progresivním vytápěním, které je ekonomické a využitím nízkopotenciálních zdrojů šetrné k životnímu prostředí.

3.1 ROZDĚLENÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Současný trh nabízí několik konstrukčně odlišných řešení. V podstatě se můžeme rozhodovat mezi vytápěním teplovodním a elektrickým, u teplovodního si navíc vybrat mezi mokrým či suchým způsobem instalace, u elektrického zase mezi vytápěním akumulacím nebo přímým. Do jisté míry ale naši volbu ovlivní skutečnost, zda stavíme nový dům nebo pouze rekonstruujeme otopnou soustavu ve starším objektu.

Teplovodní rozvody dnes ponejvíce využívají plastových trubek s protikyslíkovou bariérou. Ta brání pronikání vzdušného kyslíku a následné tvorbě rzi a usazenin na jejich vnitřních stěnách, což prodlužuje životnost celé topné soustavy. Trubkové rozvody se kladou ve spirále nebo meandru do vrstvy betonu nad tepelně odizolovaný základ. Voda, která v nich proudí, má ovšem nižší teplotu, než na jakou jsme zvyklí u klasických radiátorů. Rozvody lze napojit na stávající systém s jakýmkoli kotlem a vytápět tak celý dům. Jelikož se ale jedná o nízkoteplotní soustavu, je pro ni nejvhodnější spojení s tepelným čerpadlem, případně slunečními kolektory.

Dům lze samozřejmě vytápět i kombinovaným způsobem - část pomocí radiátorů, část podlahovými rozvody. Dnešní technika se už obejde bez výměníku, dokáže oba rozdílné teplotní režimy napojit na jeden rozdělovač a pomocí speciální regulace pracovat s jedinou teplotou topné vody - většinou jsou tyto systémy navrhovány na teplotní spád 70/55°, zatímco u podlahového vytápění je to obvykle 40/30°.

Betonový záliv spolu s několikacentimetrovou vrstvou nezbytné tepelné izolace a vlastní krytinou (většinou keramickou nebo kamennou dlažbou) však navýší celkovou skladbu podlahy o 10 i více cm. Při rekonstrukcích to může být problém, a to jak z hlediska nedostatečné světlé výšky místností, tak i statické únosnosti stropů. Někdy si lze pomoci cestou instalace nasucho, kdy jsou trubky vedeny v systémové polystyrenové desce, která plní současně všechny izolační funkce. Betonovou mazaninu zde mohou nahradit sádrovláknité či sádrokartonové desky v podobě suché podlahy. Vzhledem k nízké hmotnosti celé skladby lze pak rozvody podlahového topení pokládat třeba i nad trémové stropy.

Elektrické systémy pracují buď na principu akumulčních kamen, nebo přímo. V prvním případě jde o plně akumulční nebo poloakumulční soustavu; teplo akumulované do podlahy v době nízkého tarifu je pak postupně uvolňováno do místnosti. Ovšem výška podlahy se také zvýší, neboť stejně jako teplovodní trubky jsou i termokabely zalévány do betonu. Přímé vytápění představují takzvané tenkovrstvé topné systémy - jen několik milimetrů silné odporové kabely, kladené buď volně, nebo v meandrech vetkané do rohože ze skelných vláken. Obejdou se bez betonu, pokládají se do flexibilního tmelu mezi odizolovaný pevný podklad a podlahovou krytinu (nejlépe opět dlažbu). Vcelku bezproblémově je lze montovat i do starších objektů, neboť nedochází k nadměrnému zatížení stropů ani se nijak neomezuje světlá výška místností - podlaha se v celkové skladbě včetně dlažby a tmelu zvýší maximálně o 2 cm.

Tenkovrstvé systémy, vyráběné v jednožilovém nebo dvoužilovém provedení, se zpravidla využívají jen pro přitápění v přechodných obdobích (temperování například v koupelnách), přičemž v hlavní roli vystupuje jiné topidlo (radiátory, teplovzdušný krb apod.). Volné kabely se při pokládce mohou vytvarovat do potřebné topné smyčky - lze si tak poměrně snadno poradit i v komplikovanějších půdorysných situacích nebo v případech, kdy je například v koupelně třeba vyhnout se vaně, nábytku s uzavřeným soklem či jiným předmětům s velkým tepelným odporem, pod nimiž rozvody nesmějí probíhat. S rohožemi, které se nemohou zkracovat, to v podobných podmínkách může být někdy problém. Topné rohože jsou proti volným kabelům dražší. Dodávají se v podobě různě dlouhých, zpravidla 50 cm širokých pásů a liší se výkonem. Některé typy jsou samolepící. Včetně regulace a všech dalších potřebných prvků se dají koupit přímo v sadách pro potřebnou podlahovou výměru. Snadno a rychle se instalují, není problémem položit je i svépomocně.

Přehledné rozdělení podlahového vytápění představuje následující tabulka :

Velkoplošné podlahové vytápění	
Rozdělení dle	
média	teplovodní, elektrické
montáže	mokrý proces/způsob, suchý proces/způsob
provedení	meandrový způsob, paralelní
materiálu	kovové, měděné, plastové, kombinované
dispozice	nad zeminou, nad vytápěným a nevytápěným prostorem
uložení	zabudované, volně uložené podlaze

3.1.1 KONSTRUKCE PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Konstrukce podlahového vytápění se tvoří jak “plovoucí podlaha neboli plovoucí mazanina“, to znamená, že žádná část konstrukce podlahy není pevně spojena s konstrukcí objektu.

Základní hrubá skladba konstrukce podlahového vytápění :

- hrubá podlaha
- hydroizolace
- tepelná izolace
- hydroizolace
- topný had
- betonová mazanina
- podlahová krytina

Skladba konstrukce se může mírně lišit podle druhu použitých systémů. Liší se konstrukční výšky podlah podle jejich umístění.

Hrubá podlaha je řešena v rámci konstrukce stavební části budovy. Při jejím návrhu je třeba počítat se zatížením 60-100 kg/m² od vrstvy betonu pro zalití otopného hada. Hydroizolace na hrubou podlahu je nutná pouze u konstrukcí přilehlých k zemině.

Teplená izolace musí vyhovovat požadavkům kladeným na tepelný odpor konstrukce pod topným hadem. Požadovaný tepelný odpor se liší podle umístění podlahového vytápění. Druh a rozsah opatření na ochranu proti vlhkosti musí být stanoveny vedením stavby.

Normy, které je nutno dodržovat:

- DIN 4117 Izolace staveb proti zemní vlhkosti
- DIN 4122 Izolace staveb proti beztlakové povrchové vodě
- DIN 18195 Izolace staveb
- DIN 18336 Izolace proti tlakové vodě
- DIN 18337 Izolace proti beztlakové vodě

Hydroizolace pokládána na tepelnou izolaci zabraňuje proniknutí vlhkosti z betonové mazaniny při její pokládce. Nejčastěji se používá PVC fólie tloušťky 0,2 mm, která se dá i svařovat, nebo PE fólie. Dražší podlahové systémy mívají hydroizolační fólii opatřenou reflexní vrstvou z napařené vrstvičky hliníku. Tato vrstva odráží část tepla směřující od topného hadu směrem dolů zpět směrem do vytápěného prostoru. Uváděná úspora energie při použití reflexní fólie je až 9 %. Veškeré izolace proti vodě, např. zemní vlhkosti, spodní vodě nebo vodě srážkové je nutno provést velmi svědomitě, např. bezspárovým svařováním a na všech stěnách vytažené do výšky. Je nutno zohlednit, zda tyto izolace jsou nebo musí být pouze vodotěsné, nebo i parotěsné. Jsou-li k ochraně např. proti zemní vlhkosti dle DIN 4117 použity živičné látky, je bezpodmínečně nutné položit pod izolační materiály z polystyrolu vhodnou izolační fólii z PE.

Na stěnách a vzestupných stavebních dílech, např. zárubních, potrubích a podpěrách je nutno před nanesením mazaniny upevnit zvukově izolační pásy.

Pečlivá pokládka okrajové izolační pásy je důležitá pro zamezení vzniku akustických můstků a neomezené roztažení topné mazaniny. Dle DIN 18560, díl 2 musí okrajová izolační páska umožňovat pohyb topné mazaniny minimálně 5 mm.

Betonová mazanina používaná k zalévání topných hadů musí být obohacena plastifikátory pro lepší zatékání betonové směsi kolem topných trubek.

Minimální tloušťka mazaniny nad trubkami by měla být podle druhu použitého betonu 45 mm, běžně se ale používají tloušťky kolem 60 mm. Při předpokládaném vyšším zatížení podlahové vrstvy se může do betonové mazaniny vložit ocelová armovací rohož. Betonování se provádí až po tlakové zkoušce při natlakování celého systému.

Topná zkouška se provádí až po úplném vytvrzení betonové mazaniny, nejdříve však po 21 dnech. Natápění systému musí probíhat postupně dle doporučení konkrétního dodavatele podlahového systému a betonové směsi. Požadované teploty se dosahuje postupným zvyšováním teploty přiváděné topné vody. Některé kotlové regulátory mají zabudovány provozní programy pro vysoušení a nabíhání podlahových systémů.

Při projektování ploch pro podlahové vytápění je třeba počítat s délkovou roztažností betonové mazaniny. Plocha mazaniny bez nutnosti použití dilatačních spár je maximálně 40m². Vešší plochy musejí být rozděleny dilatačními spárami. Pro rozdělení dilatačních celků se využívá shodného pásu z pěněného polyetylenu jako pro oddělení podlahové mazaniny od stěn.

Tloušťka používané dilatační pásy je zpravidla 10 mm.

Podlahové krytiny musejí rovněž vyhovovat svými tepelně technickými vlastnostmi. Maximální tepelný odpor podlahové krytiny by měl být menší než 0,15 m²/Kw. Z tohoto důvodu nejsou vhodné textilní krytiny ani parkety z měkkého dřeva. Nejvhodnější krytiny pro podlahové vytápění jsou keramické a kamenné dlaždice méně vhodné, ale možné jsou parkety z tvrdého dřeva do tloušťky 10 mm. Dřevěné podlahy musí být lepeny trvale elastickými tmely pro umožnění vzájemného pohybu betonové mazaniny a parket.

Uložení topných hadů

Uložení topných hadů (potrubí) se rozumí osazení do betonové mazaniny z hlediska tepelně technických vlastností, přenosu a předání tepla. Topné hady se ukládají do spodní vrstvy betonové mazaniny ve vzájemné vzdálenosti od sebe, dané výpočtem.

Podlahové otopné plochy, vytvořené z topných teplovodních hadů, jsou rozděleny na jednotlivé druhy podle několika hledisek. Je to např. z hlediska možné délky topného hadu z důvodu přenosu tepla z vody do stěny trubky nebo podle tlakové ztráty při proudění. Dále je možné rozdělení provádět z hlediska konstrukčního, tj. přípustných vlastností betonu z hlediska tepelně technického, dále se uplatňuje dispoziční hledisko a v neposlední řadě i hledisko regulace jednotlivých otopných ploch. Jednotlivé okruhy otopných podlahových ploch se vytvářejí na základě horizontálních rozvodů od ústředního místa, kterým je podlažní rozdělovač a sběrač.

Délky topného hadu

Topné hady zabudované v betonové mazanině se navrhují s teplotním spádem otopné vody

$\Delta T = 5$ až $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, zejména proto, aby byly vyrovnány rozdíly mezi povrchovými teplotami podlahy v místě přívodní otopné vody a v místě výstupní teploty otopné vody z podlahového okruhu. Podle dispozičního tlaku oběhových čerpadel, podle DN vodního průřezu otopného hadu, při předpokládané rychlosti proudění, je tlaková ztráta dána z délky navrženého okruhu.

Při předpokládané rychlosti průtoku otopné vody topným hadem vychází hodnota přestupu tepla do stěny trubky a dále prostupu do betonové mazaniny, jak bylo uvedeno ve výpočtové části, která je pro tyto podmínky konstantní. Chceme-li dosáhnout výpočtově nízkého teplotního spádu, přibližně $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (dříve 8 až $10\text{ }^{\circ}\text{C}$), je nutné uvažovat limitní délku topného hadu tak, aby tento teplotní spád byl dodržen. Doporučuje se délka 120 až 150 m . Nelze-li měnit průtok, pak k dosažení stejného teplotního spádu je nutné rozdělit úseky tak, aby délky topného hadu byly přibližně stejné. Posouzení délky topného hadu z hlediska předání tepla je nutné ještě korigovat se vzájemnou vzdáleností topných hadů, která je v mezích od 100 do 300 mm .

Konstrukční tepelná roztažnost

Z hlediska konstrukčního se dělí otopné okruhy tak, aby tepelná roztažnost topných hadů byla kompenzovaná betonovou mazaninou. Tepelná roztažnost betonové desky, ohříváné s teplotním spádem řádově 20 až $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, musí respektovat materiálové vlastnosti betonu tak, aby se uchovala kompaktnost betonové desky a případně nebyl příliš porušen povrch podlahy.

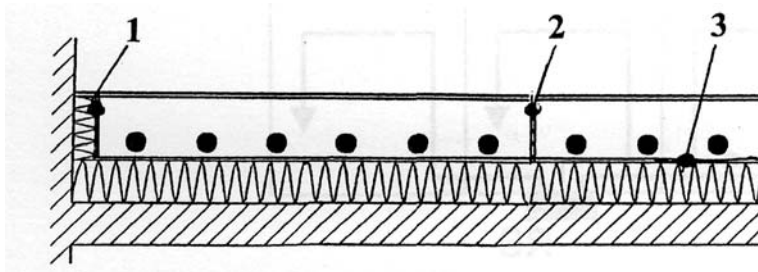
Ve snaze zajistit rovnoměrnou teplotu na povrchu podlahy se ukládají topné hady na spodní líc betonové mazaniny. Podle vzdálenosti topných hadů a podle výšky betonové mazaniny lze dosáhnout větší nebo menší rovnoměrnosti v rovnoběžných pásech nad topnými hady. Tepelná roztažnost ve spodním líci podlahy bude vyšší oproti hornímu líci betonové mazaniny, a to v závislosti na teplotě v rovině topných hadů a na teplotě v úrovni povrchu mazaniny. Vyšší roztažnost ve spodním líci deformuje rovinnou plochu do tvaru výdutě, kdy střed plochy leží “na břiše” a rohy směřují vzhůru.

Dilatační spáry

Trubky, které se ukládají do betonové mazaniny, jsou uchyceny většinou na spodní povrch tepelné izolace, která tvoří podklad otopné ploše. Povrch tepelné izolace je opatřen teplofikační fólií, která tvoří většinou i ochranu izolace proti případné vlhkosti z mokrého procesu při provádění betonové mazaniny. Fólie na tepelné izolaci tvoří ložnou spáru betonové mazaniny, která je dilatačně takto od tepelné izolace oddělena.

Z hlediska vodorovného posunu betonové mazaniny jsou podle výše uvedených důvodů vytvořeny v betonové mazanině dilatační spáry, které pro jednotlivé okruhy vytváří půdorysně obdélník nebo čtverec. Předpokládaná vzdálenost dilatační spáry u potrubí klasického z plastů byla uvažována 5 m . Plocha dilatačního dílu i vzhledem k délce potrubí a při optimální vzdálenosti se uvažovala 20 m^2 . Topné hady tvořené z trubek sendvičové konstrukce, vytvořené kombinací kovových a plastových trubek mají nižší tepelnou roztažnost a výrobci uvádí shodně s evropskou normou délku dilatačního pole až 8 m s plochou dilatačního obdélníku 40 m^2 . Mezi dilatačními poli jsou vytvořeny styčné dilatační spáry, většinou protažené až na úroveň podlahové vrstvy.

Další styčnou dilatační spárou je místo napojení betonové mazaniny na svislou konstrukci obvodové stěny. Tato dilatační spára má zabránit nejen tepelné roztažnosti do obvodové konstrukce, ale i zabránit vedení tepla do obvodového zdiva, a zabránit tak vytvoření tepelného mostu. Tento dilatační spoj je tedy nejenom pružný, ale i s tepelně izolačními vlastnostmi, které většinou předepisuje v materiálové podobě dodavatel podlahy.



Obr. 7. - Dilatační spáry betonové mazaniny

1 - styčná dilatační a tepelně izolační spára u obvodové stěny, 2 - styčná dilatační spára mezi jednotlivými oddilatovanými úseky, 3 - ložná dilatační spára na povrchu tepelné izolace

Rozdělení z hlediska regulace teploty

Topný okruh podlahového vytápění může představovat samostatně regulovanou otopnou plochu, u níž funkce regulace je téměř shodná s regulací otopného tělesa.

Otopná tělesa v teplovodním otopném systému mají regulovaný výkon nejčastěji u zdroje a u otopného tělesa. Regulace u otopného zdroje je přímá nebo nepřímá, ekvitermní, nejčastěji v závislosti na venkovní teplotě. Může být podle způsobu rozvodu provedena i ekvitermní zónová regulace podle orientace ke světovým stranám, resp. podle vnitřní teploty při rozdílných účelech místností a tím i režimů vytápění v případných jednotlivých částech budovy. Regulace sekundární je nejčastěji na otopném tělese řešena skrčením průtoku otopné vody do tělesa, dnes nejčastěji pomocí termostatických ventilů. Termostatické ventily regulují výkon otopné plochy v závislosti na teplotě v místnosti čidlem na regulačním ventilu nebo prostorovým čidlem, umístěným v optimální poloze v místnosti. Regulací kvantitativní, průtokem vody do tělesa, se zaznamenávají zejména tepelné zisky od slunce, resp. vnitřního zařízení.

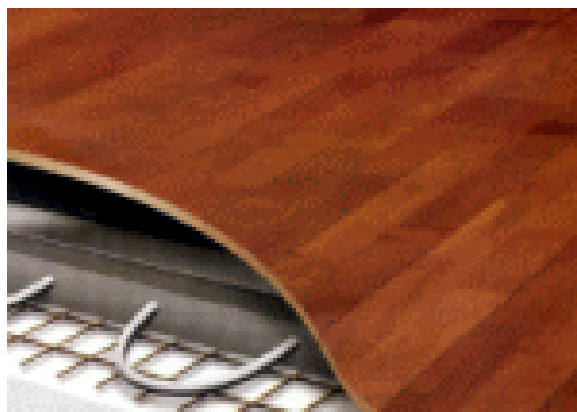
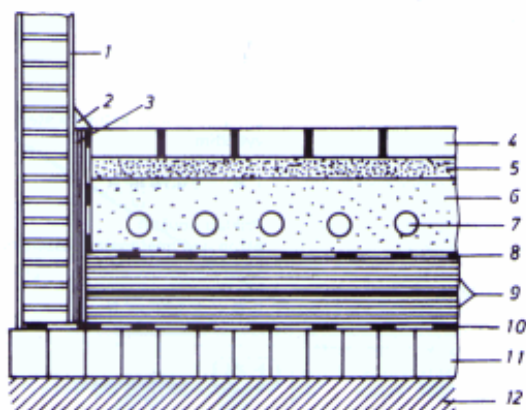
Nahradíme-li si představu otopného tělesa podlahovou otopnou plochou, pak se tato podobnost může aplikovat i do regulace výkonu. Zatímco otopná tělesa bývala většinou napojena na vertikální síť rozvodu, dost často s regulací zónovou podle světových stran, je u podlahových otopných ploch většinou napojení na horizontální rozvod - podlažní rozvod.

Jednotlivé zóny – místnosti mohou být regulovány od autonomních termostatů, tedy termostatů umístěných v jednotlivých místnostech. Dnešní řídicí jednotky systémů regulace jsou na takoveto požadavky individuálního řízení teploty, zkráceně IRC (Individual room control) již vybaveny.

3.1.2 DĚLENÍ PODLE MÉDIA

TEPLOVODNÍ PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Teplovodní podlahové topení tvoří soustava dnes již převážně plastových trubek, položená na tepelné izolaci a zalitá betonovou směsí (anhydritovým potěrem). Systém doplňuje zařízení na ohřev vody (kotel) a oběhové čerpadlo. Plastové trubky se ukládají buď do speciální profilované desky, nebo se „vplétají“ do vodících lišt. Pokládka je rychlá a jednoduchá a životnost takřka neomezená. Díky moderním materiálům odpadá trubek je nebezpečí mechanického poškození před zabetonováním. Riziko se odstraní, pokud se před nutností použití otevřeného plamene na svařování, ohýbání a spojování trubek. Jedinou nevýhodou plastových zabetonování provede tlaková zkouška zařízení. Pod plastovými trubkami je vždy umístěna izolace – tepelná a příp. i zvuková. Ohřev potěru, ve kterém je podlahové topení uloženo může začít až po jeho přirozeném vyschnutí (obvykle 28 dnů) a teplota se zvyšuje postupně cca o 5 stupňů denně.



Obr. 8. Složení konstrukce podlahového vytápění

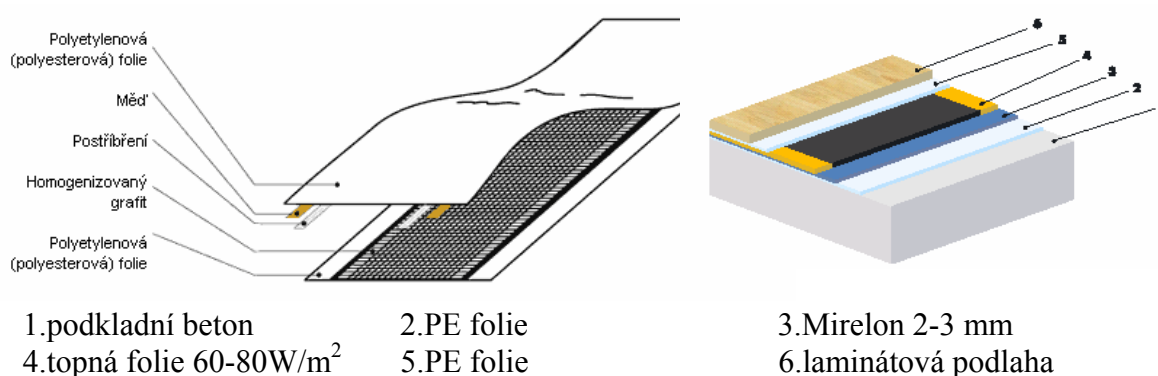
- 1 - Vnitřní omítka
- 2 - Podlahová lišta
- 3 - Okrajová izolační páska
- 4 - Kamenné desky z přírodního nebo umělého kamene
- 5 - Cementové lože
- 6 - Mazanina
- 7 - Trubka
- 8 - Krycí fólie, fólie z PE, živičná lepenka
- 9 - Tepelná a kročejová izolace
- 10 - Uzávěrka proti vlhkosti
- 11 - Základní stavební konstrukce (betonová deska)
- 12 - Zemina

ELEKTRICKÉ PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Tam, kde je rozhodující nízká stavební výška podlahy, například při rekonstrukcích, lze použít elektrické podlahové topení. Používá se v různých provedeních:

- **Topné folie:**

Tenké folie (tloušťka 0,4 mm), které se pokládají suchým způsobem přímo pod plovoucí dřevěnou (laminátovou) podlahu). Skladba takové podlahy je následující. Na podklad (vyzrálý potěr, beton) se položí polyetylenová folie, jako izolace proti vlhkosti. Na tuto folii se položí izolace proti kročejovému hluku (např. pěnový polyethylen), na kterou se již pokládá topná folie, která se opět překrývá polyethylenovou folií. Následně se již pokládá plovoucí dřevěná, nebo laminátová podlaha.

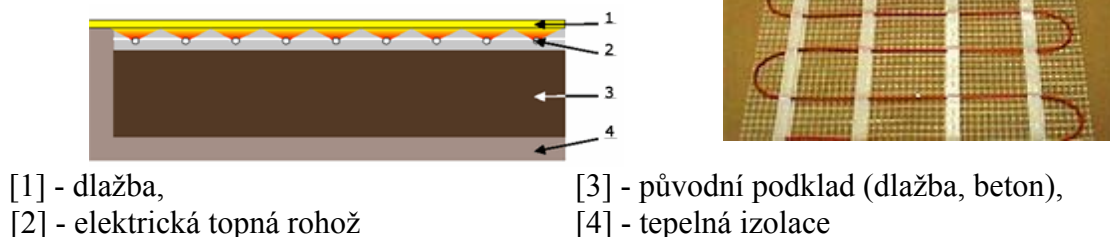


Obr. 9. – Elektrická topná folie

Výhodou této přímotopné technologie je rovnoměrné rozdělení tepla, nízká provozní teplota spojená s úsporou energie a jednoduchá instalace.

- **Topné rohože:**

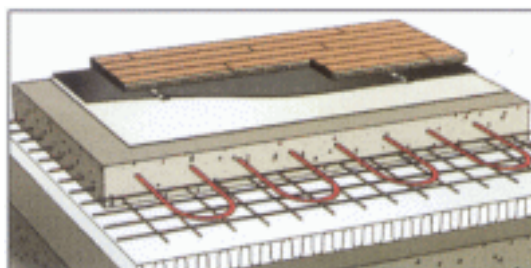
Tyto rohože (tloušťka cca 3 - 6 mm) jsou vyráběny z topných kabelů jako šité, nebo lepené. Na podlahu se ukládají do samonivelační hmoty o tloušťce 10 – 15 mm. Nivelační hmota je u plovoucích podlah překrývána opět folií z pěnového polyethylenu. Tento způsob uložení může, zejména bezprostředně po zapnutí, zpomalit ohřev podlahy. Výhodou je opět rovnoměrné rozdělení tepla a nízká výška podlahy.



Obr. 10. Elektrická topná rohož

- **Topné kabely :**

Obvykle se instalují do vrstvy betonové podlahy o tloušťce 10 – 15 cm, kde následně fungují obdobně, jako plastové trubky s teplou vodou u teplovodního podlahového topení. Zatímco topné folie a rohože představují tzv. „přímotopnou variantu“ podlahového topení, jsou topné kabely používány pro tzv. „akumulační vytápění“. Po zahřátí celé podlahové desky (naakumulování tepla na levnější proud v nočních hodinách do vrstvy betonu) je během dne teplo vyzařováno do obytných místností. Tento způsob podlahového vytápění má velkou setrvačnost a je obtížněji regulovatelný a při náhlém venkovním oteplení mohou místnosti přetápěny.



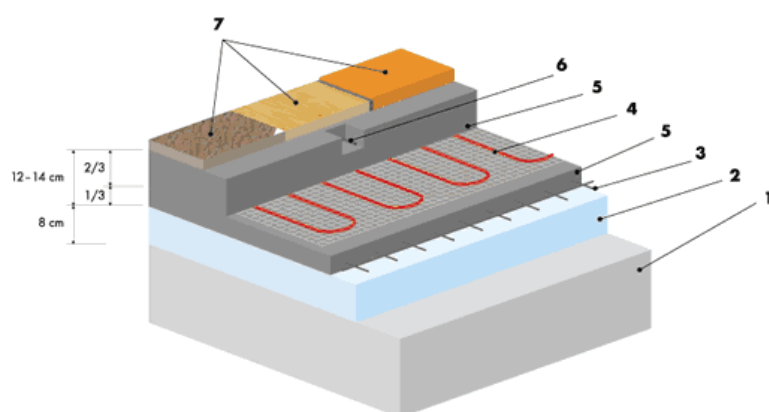
3.1.3 DĚLENÍ PODLE AKUMULAČNÍCH SCHOPNOSTÍ

Podlahové vytápění má řadu výrobních i funkčních variant, pro které je společné zajištění tepelného toku na povrch podlahy tak, aby byla zajištěna požadovaná povrchová teplota pro příslušné parametry místnosti, danými tepelnou ztrátou.

Podle schopností podlahové otopné plochy můžeme zjednodušeně podlahové vytápění dělit na :

- **Vytápění akumulací**

s větší nebo menší vrstvou betonové mazaniny, která slouží k přenosu tepla z topných trubek a k rovnoměrnějšímu teplotnímu rozložení na povrchu podlahy. Zároveň naakumulované teplo do betonové vrstvy může sloužit pro předání tepla v době, kdy není teplotonosná látka k dispozici, např. elektrický proud v době špičkového odběru. Nejčastějším reprezentantem tohoto systému je klasická mokrá technologie se zabudovanými otopnými hady do betonové mazaniny.



1. podklad
2. tepelná izolace (extrudovaný polystyren) 8 cm
3. ocelová KARI síť
4. topná rohož ECOFLOOR
5. betonová akumulční vrstva 12–14 cm.
6. trubka (husí krk) s podlahovou sondou
7. nášlapná vrstva (dlažba, vzdušný koberec, parkety, PVC bez pryžové podložky)

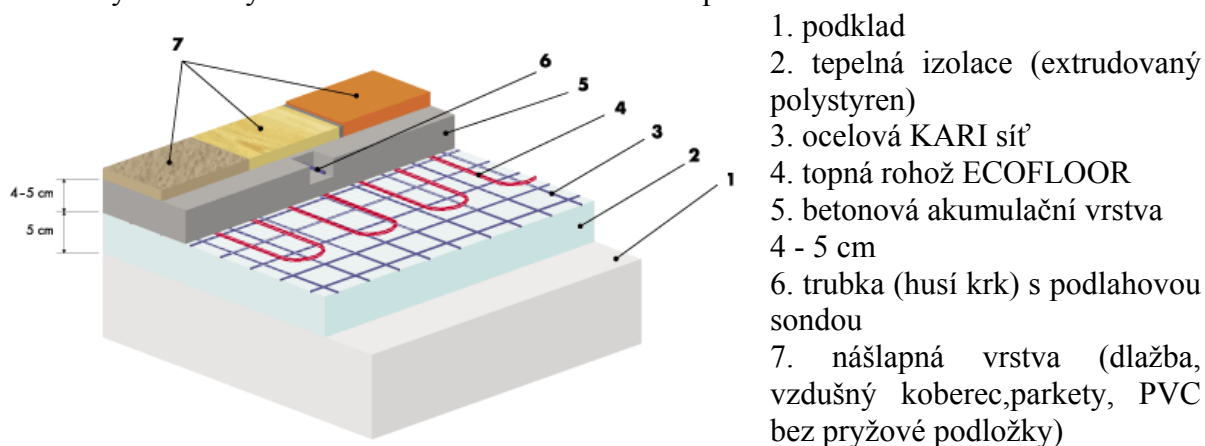
Obr. 12. – Elektrické akumulční vytápění

O akumulační schopnosti rozhoduje zejména hmotnost a tloušťka betonové vrstvy, ve které je topná rohož umístěna. Topné rohože nebo kabely jsou umístěny v 10 až 14 cm tloušťce betonu. Pro akumulaci tepla je využívána levnější elektrická sazba v nočních hodinách. Během dne je naakumulované teplo uvolňováno do vytápěných místností. Pro tento typ podlahy doporučujeme výkon rohoží 250 až 300 W/m².

Pro provoz je vhodná nová sazba D24, D25, D26. Pro akumulaci tepla se využívá 8 hodin levného tarifu. K vyzařování tepla dochází i mimo dobu akumulování tepla, a to až 16 hodin. Nevýhodou tohoto systému je značná setrvačnost, zejména v přechodných obdobích (jaro, podzim).

• Vytápění poloakumulační

využívá akumulační vrstvy, která je pod přímotopnou plochou podlahy a ohřívá pouze malou tloušťku vrstvy podlahy s nízkou akumulací. Spodní betonová vrstva pod přímotopnou plochou může temperovat prostor místnosti v době, kdy není přímotopná část v provozu a nebo slouží k vyrovnání výkonu mezi odběrem a dodávkou tepla.



Obr. 13. – Elektrické poloakumulační vytápění

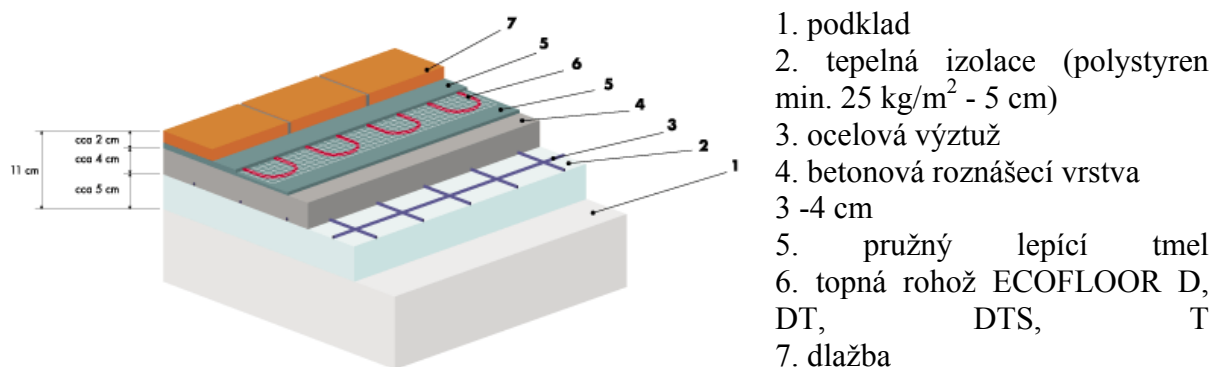
U smíšených systémů je betonová vrstva silná 4 až 5 cm.

Doporučený výkon rohoží je 160 W/m². Pro tyto systémy je vhodná sazba D34, D35, D36, kdy je možno do podlah akumulovat teplo 16 hodin denně v nízkém tarifu. Dalších 8 hodin je naakumulované teplo vyzařováno z povrchu podlahy.

Vhodným řešením je rozdělit celkový výkon v poměru 70% podlahové vytápění, 30% el. konvektor nebo sálavý panel. Při tomto řešení je možno použít rohože o výkonu 100 W/m².

• Vytápění přímotopné

slouží k flexibilnímu provozu vytápění tam, kde je nutný přerušovaný, tlumený nebo teplotně značně regulovaný provoz. Vyznačuje se rychlým náběhem povrchové plochy podlahy do provozní teploty. Kompenzuje tepelné zisky od slunce i dalších zdrojů rychlým přizpůsobením regulace výkonu.



Obr. 14. – Elektrické přímotopné vytápění

Jedná se o moderní systém podlahového vytápění umožňující velmi dobrou regulovatelnost. Topné rohože jsou umístěny v tenké vrstvě trvale pružného tmelu na betonové vrstvě o malé tloušťce 3-4 cm.

Pro ohřev je vhodné využívat tzv. přímotopnou sazbu D45, D46, D55 - 20 hodin/den levný tarif. 4 hodiny dražší tarif. Přímotopný systém umožňuje pružně reagovat na změnu požadavku teploty, rohož je umístěna přímo pod dlažbou k ohřátí dlažby dochází poměrně rychle.

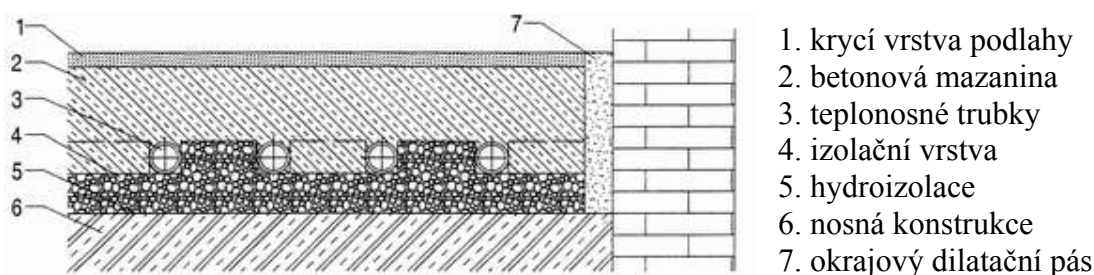
Značnou výhodou je skutečnost, že v levnějším tarifu jsou provozovány i ostatní spotřebiče v domácnosti. Celkový účet za veškerou elektřinu (vytápění + ostatní spotřebiče v domácnosti) vychází příznivě. Pro elektrické přímotopné podlahové systémy jsou určeny topné rohože ve výkonových řadách cca 160 W/m², popř. 100 W/m². Dále mohou být rohože vybaveny ochranným opletením pro použití v prostorách, kde je to z bezpečnostního hlediska vyžadováno - prádelny, koupelny, vlhké prostory. Rohože, které tuto ochranu nemají se instalují v prostorech, kde není nutno použít zvýšenou ochranu ve formě opletení - chodby, obývací pokoje, haly atd.

3.1.4 DĚLENÍ PODLE MONTÁŽE

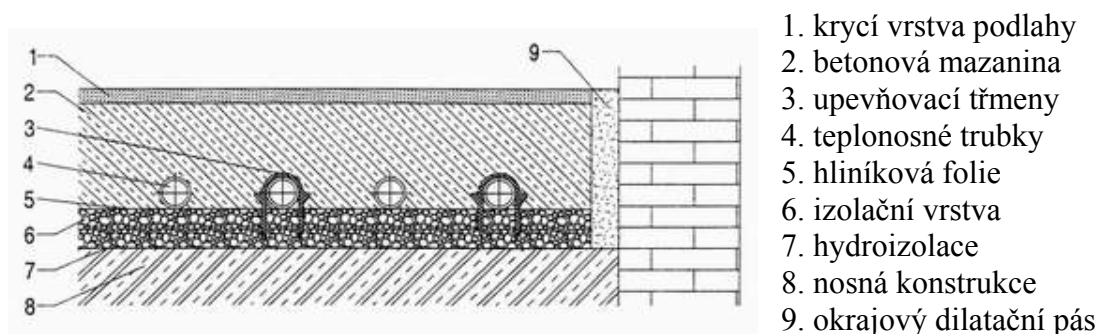
Mokrý způsob

Mokrý způsob provedení podlahového vytápění je nejrozšířenější. Jedná se uložení topné trubky přímo do betonové mazaniny, která slouží zároveň jako rozvodná deska pro zrovnoměnění tepelného toku po celé ploše podlahy.

Takto provedené podlahové vytápění pracuje s teplotou vody 35-55 °C a dosahuje výkonu od 50 W/m² do 120 W/m².



Obr. 15. Mokrý způsob provedení – systémová deska

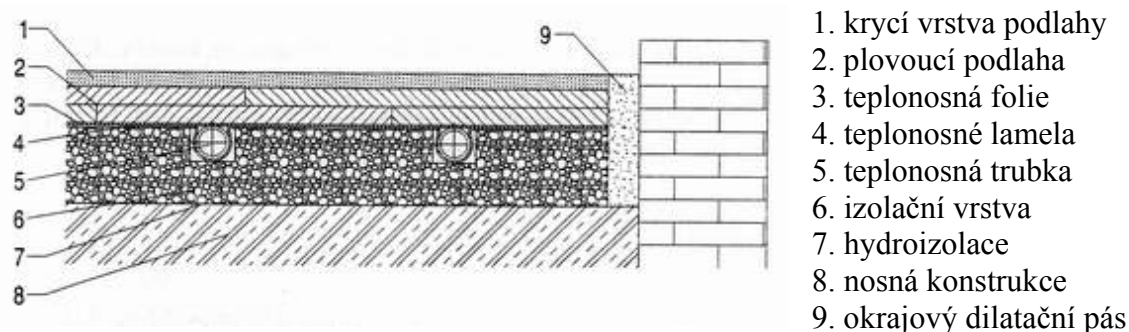


Obr. 16. Mokrý způsob provedení – uchycení trubek sponami

Suchý způsob

Suchý způsob provedení podlahového vytápění spočívá v uložení trubek do tepelné izolace a přikrytím teplo rozvádějícími deskami. Pro lepší vedení tepla jsou trubky pokládány do speciálních profilů lisovaných nejčastěji z pozinkovaného plechu. Pro zlepšení rozložení tepla při použití větších pokládacích roztečí se pod krycí desky podkládají ještě tabule pozinkovaného plechu tloušťky 0,55 mm. Pro zakrytí se nejčastěji používají dvě vrstvy dřevocementových desek, například CETRIS desky 2x12 mm.

Takto provedené podlahové vytápění pracuje s vyšší teplotou topné vody 40-70°C a dosahuje nižší výkonu do 90 W/m². Hlavní výhody tohoto systému je možnost okamžitého zátoku. Použití je především u dřevostaveb, rekonstrukcí (z důvodu malé stavební výšky), půdních vestaveb a v systémech rychlé výstavby.



Obr. 17. – Suchý způsob provedení

3.1.5 DĚLENÍ PODLE MATERIÁLU

Materiál potrubí otopných hadů

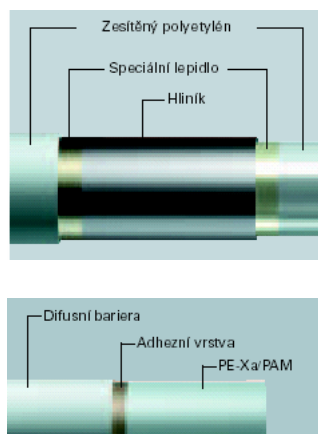
Pro výrobu potrubí pro podlahové vytápění se používá:

- plasty
- měď
- kombinace plastu a kovu
- nerezová ocel - zřídka

Plast je nejběžnějším materiálem pro výrobu potrubí pro topné hady podlahového vytápění. Používá se různých druhů plastu s rozdílnými chemickými a fyzikálními vlastnostmi.

Mezi nejběžnější plasty pro výrobu potrubí pro podlahové vytápění patří:

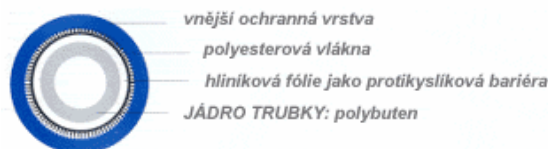
Zesíťný polyetylen PE-X.



Jeho hlavní výhodou je snadná výroba a tedy i nízká pořizovací cena. Nedá se spojovat svařováním ani lepením. Pro nerozebíratelné spojování se používají speciální fitinky s převlečnými kroužky. Ty to spoje vyhovují pro trvalé zabudování do stavebních konstrukcí. Největší nevýhodou tohoto materiálu je jeho propustnost kyslíku. Při použití PE-X potrubí v kombinaci s litinovými kotli, nebo ocelovými radiátory se doporučuje oddělit podlahové vytápění od zbytku systému deskovým nerezovým výměníkem. Z tohoto důvodu se některé druhy PE-X potrubí vyrábějí s nejrůznějšími bariérami proti difuzi kyslíku. Standardní rozměry používaných plastových potrubí, které dodržuje většina známých výrobců, jsou 12x2,0, 17x2,0, 20x2,0, 25x2,3 a 32x2,9 mm.

Polybuten PB

Ten se spojuje svařováním natupo, mechanickými spojkami, nebo polyfúzí, vyznačuje velmi vysokou pevností a houževnatostí. Je nepropustný pro kyslík a to je jeho největší výhodou. Dražší než PE-X, proto méně používaný.



Chlórovaný polyvinylchlorid C-PVC

Má zvýšený obsah chlóru pro větší tepelnou odolnost. Jeho vlastnosti se liší podle výrobců. Spojuje se lepením a doporučuje se z důvodu různých vlastností materiálu používat výrobky pouze jednoho výrobce.

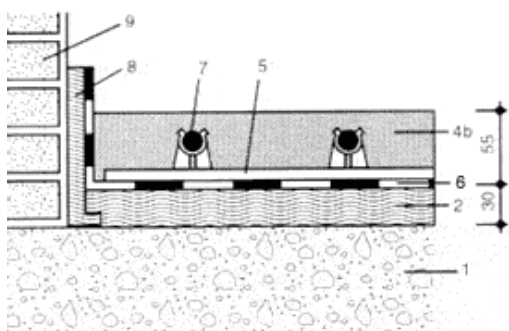
Měděné potrubí

Měděné potrubí se využívá pro podlahové vytápění z důvodu snadné tvárnosti, velké pevnosti, nepropustnosti pro kyslík, jednoduché a rychlé montáže. Pro podlahové vytápění se používají tenkostěnné trubky s plastovým povlakem pro ochránění mědi před bodovou korozi. Nevýhodou použití mědi je rovněž vysoká pořizovací cena. Nerezové potrubí je z důvodu velmi vysoké ceny samotného potrubí a především spojovacích fitinku v našich podmínkách prakticky nepoužívané.

	Pozinkovaná ocel	Měď	Plasty
Koroze	+	+	-
Inkrustace	+	-	-
životnost	cca 15 let	50 let	50 let
Rychlost proudění doporučené (maximální)	1,0 (1,0)	1,5 (1,6)	1,2 (3,0)
Šíření hluku	ano	ano	ne
Hmotnost (orientační)	8,0 g/cm ³	8,9 g/cm ³	1,0 g/cm ³
Délková roztažnost (orientační) u jednotlivých plastů rozdílná	0,012 mm/m °C	0,017 mm/m °C	0,13 mm/m °C (sendvič. potrubí 0,05)
Montáž (u plastů podle druhu)	Tradiční, závitovými spoji	Pájení, závitové spoje	Plastové nebo kovové prvky (lisované spoje, závitové spoje, svařování, lepení)

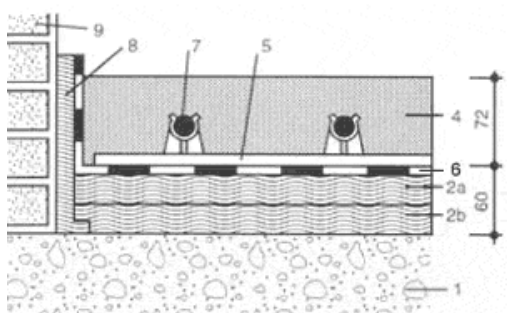
3.1.6 DĚLENÍ DLE DISPOZICE

Podlaha nad vytápěným prostorem



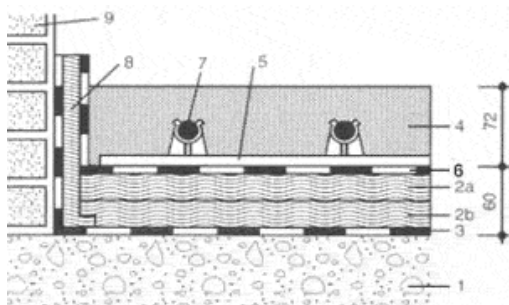
Pro podlahové vytápění instalované v místnosti ležící nad místností se shodným režimem vytápění smí být součinitel přestupu tepla max. $1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tento požadavek splňuje ve většině případech již akustická izolace proti kročejovému hluku. Na celkovou skladbu podlahového vytápění je již při návrhu třeba počítat s tloušťkou cca 11 cm bez nášlapné vrstvy.

Podlaha nad vytápěným prostorem



Pro podlahové vytápění instalované v místnosti ležící nad nevytápěným prostorem (sklepy, garáže) smí být součinitel přestupu tepla max. $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tento požadavek splňuje např. polystyren PPS s tepelnou vodivostí $\lambda=0.040 \text{ W/m.K}$ o tloušťce 50 mm. Na celkovou skladbu podlahového vytápění je již při návrhu třeba počítat s tloušťkou cca 14 cm bez nášlapné vrstvy.

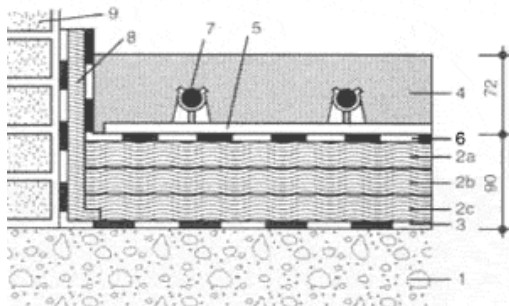
Podlaha vytápění přilehlé k zemině



Pro podlahové vytápění instalované v konstrukci přilehlé k terénu, nebo ležící nad venkovním prostorem smí být součinitel přestupu tepla max. $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tento požadavek splňuje např. polystyren PPS s tepelnou vodivostí $\lambda=0.040 \text{ W/m.K}$ o tloušťce 120 mm. Na celkovou skladbu podlahového vytápění je již při návrhu třeba počítat s tloušťkou cca 18 cm.

Podlaha pro vnější prostor



Legenda :

1. Podkladový beton
- 2a. 2b. 2c. Tepelná izolace 30mm
3. Hydroizolace
4. Potěr tl. 72mm, 4b. čerstvý potěr tl. 55mm
5. upínací lišty
6. PE folie
7. teplonosná trubka
8. Okrajové dilatační pásy
9. Obvodová stěna

Při volbě izolačních materiálu je třeba přihlížet i k jejich stlačitelnosti, aby nedocházelo k velkému stlačování izolace a následné destrukci betonové mazaniny s uloženým topným hadem. Nejčastěji používané izolační materiály jsou polystyrenové desky PS 30 či PS 30SE, desky z tvrdého polyuretanu, nebo akustická izolace z pěněného polyetylenu vysoké hustoty.

Polystyren pro použití k izolaci pod podlahové vytápění by měl mít hustotu alespoň 30 kg/m^3 .

3.1.7 DĚLENÍ PODLE PROVEDENÍ

Uložení topných hadů

Uložením topných hadů (potrubí) se rozumí osazení do betonové mazaniny z hlediska tepelně technických vlastností, přenosu a předání tepla. Topné hady se ukládají do spodní vrstvy betonové mazaniny ve vzájemné vzdálenosti od sebe, dané výpočtem.

Uchycení topných hadů k podkladu, nejčastěji z tepelné izolace, se provádí např.:

- drátěnými kotvami, vpichovanými do tepelné izolace s podpěrkou potrubí tak, aby se potrubí nedotýkalo tepelné izolace
- zaklapovacími terči, vytaženými z tepelné izolace, mezi které se potrubí upíná
- kovovými U-lištami, které jsou uloženy na tepelnou izolaci v předepsané vzdálenosti. Topné hady se zaklapávají shora do zářezů lišt

Při kladení topných hadů je třeba postupovat tak, aby :

- bylo zajištěno rovnoměrné rozložení povrchové teploty po otopné ploše podlahy,
- byl v případě potřeby vytvořen zvýšený výkon v okrajové zóně podél ochlazovaných stěn.

V závislosti na požadovaném výkonu podle dané teploty otopné vody se stanovuje vzájemná vzdálenost topných hadů od sebe. V každém ohybu se vytvoří vlivem ohnutí napětí ve stěně trubky, které se zvyšuje nižším poloměrem ohnutí a délkou ohybu. Podle materiálu potrubí a tloušťky stěny je míra tohoto namáhání, která má vliv na životnost potrubí, uloženého v betonové mazanině, dána většinou atestem výrobce a dodavatele podlahových otopných ploch. Proto se pro každý používaný systém kladení potrubí předepisuje dodavatelem způsob uložení a doporučuje se poloměr ohybu i jeho délka. Tyto hodnoty je možné najít v tabulkách a grafech podrobných technických dokumentací dodávaných jednotlivými výrobci podlahových systémů.

Podle požadavků na vzájemné vzdálenosti potrubí, podle způsobu uchycení topných hadů, použitých upínacích prvků a zejména podle dispozičních požadavků každé místnosti, se principiálně kladení topných hadů dělí na:

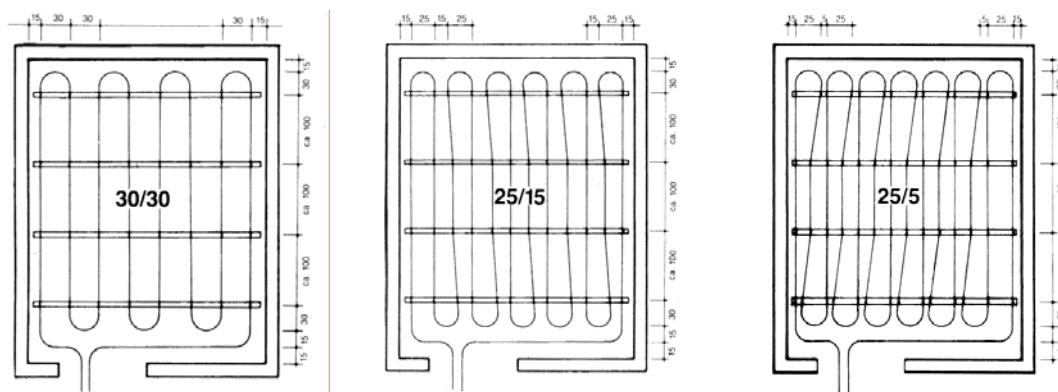
- spirálové,
- meandrové.

Meandrový způsob**Spirálový způsob**

Obr .18. – Způsoby kladení otopného hadu

Meandrový způsob je jednodušší a bezproblémový. Asymetrické uspořádání prostoru je možné vyřešit velmi jednoduše, což při jiných způsobech uložení může být velmi problematické. Návrh vytápěcího okruhu se provádí tak, aby byl přívod vody vedený nejdříve paralelně s ochlazovanou vnější stranou a tím se vyrovnávaly větší tepelné ztráty vyšší teplotou vytápěcí vody.

Většina výrobců má již zpracovány konstrukční podklady, kde pracuje s montážními (výkonovými) moduly. Pro určení montážních modulů systémů dodávaných různými výrobci se v převážné většině případů používají diagramy nebo tabulky, které uvádí potřebu materiálu pro podlahové vytápění. V závislosti na maximální délce vytápěcího okruhu pro zvolený systém nemůže být plocha jednotlivého vytápěcího okruhu větší než co odpovídá zvolenému tepelnému toku a hygienickým normám vyhovující teplot povrchové vrstvy. Případy jednotlivých modulů:



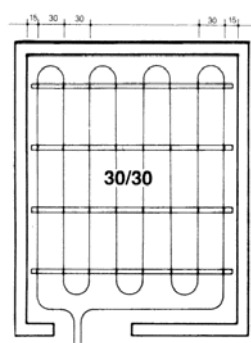
Obr. 19.- Různé moduly meandrové pokládky

Vzdálenost trubky od obvodové stěny a rozstup upínacích lišt odpovídají konkrétním požadavkům. Přívod vody musí být nasměrován vždy k vnější obvodové stěně.

Z hlediska rovnoměrnosti rozložení teplotonosných trubek, je možné vytápěnou plochu rozdělit na plochu s rovnoměrným rozvrstvením otopného hadu a plochu se zhuštěním otopného hadu. Zhuštění se provádí zejména v okrajových plochách místností a místech, kde je třeba vykompenzovat větší tepelnou ztrátu, například sálání studené stěny nebo pod prostory oken.

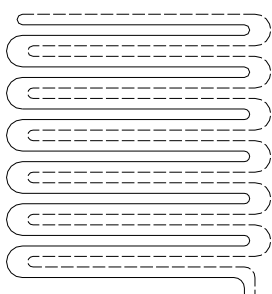
Příklady jednotlivých pokládek pro rovnoměrně ochlazovanou místnost

Meandrové jednoduché



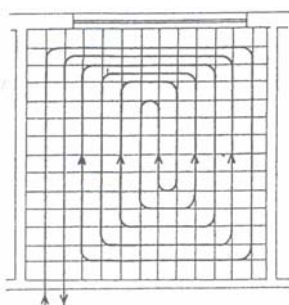
Při kladení topných hadů jsou trubky uspořádány rovnoběžně s předepsanou výpočtovou vzdáleností od sebe. Topný okruh má na jedné straně první přívodní trubku s nejvyšší teplotou otopné vody a na konci topného okruhu odchází koncovou trubkou voda o nejnižší teplotě. Meandrové jednoduché uspořádání se používá tam, kde vzdálenost trubek je shodná s povoleným ohnutím hadu ve smyčce.

Meandrové proložené



Ve snaze o zajištění relativně rovnoměrného rozložení teploty na povrchu podlahy a v závislosti na teplotě otopné vody v topných hadech, je při meandrovém proloženém kladení střídavě proložena smyčka z přívodní teplejší vody do smyčky vratné chladnější vody a naopak. Na obrázku je přívodní otopná voda označena plnou čarou a vratná voda označena čárkovaně. Při takovémto kladení se snadno dosáhne rovnoměrného rozložení teploty u libovolně dlouhé podlahové otopné plochy, tvořené jedním topným hadem.

Spirálové jednoduché



Výhoda spirálového způsobu kladení spočívá v rovnoměrném rozložení výkonu po celé ploše tím, že je spirála je tvořena dvojicí souběžně vedených trubek s protiproudem tak, že v každém místě je průměrná teplota z teplot obou trubek vždy stejná. Při čtvercovém nebo obdélníkovém půdorysu podlahy nebo části podlahové plochy, kam má být zaveden okruh topného hadu, se po obvodu směrem do středu navíjí smyčka tvořená z dvojice topných hadů. Ukázky spirálového uspořádání jsou na obrázku pro podlahu čtvercového půdorysu.

Příklady jednotlivých pokládek pro nerovnoměrně ochlazovanou místnost

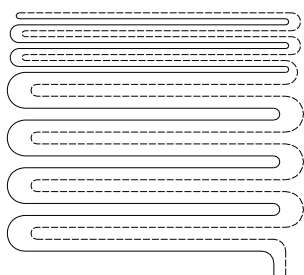
Podél ochlazované, zejména prosklené stěny, se někdy vytváří zóna, kde je snížena tepelná pohoda, neboť je tam dosaženo nižší výsledné výpočtové teploty. Ochlazovaná stěna s nižším tepelným odporem nepůsobí nepříznivě pouze nižší povrchovou teplotou, ale zejména pronikáním studeného vzduchu okenními spárami do tohoto pásma místnosti. Tento nepříznivý vliv infiltrace se nejlépe kompenzuje konvekčním vytápěním, např. otopnými tělesy nebo konvektory. U velkoplošného podlahového vytápění se do chladné zóny podél ochlazovaných stěn vkládá plocha se zvýšeným výkonem. Většinou je však možné provádět zvýšení výkonu podlahy pouze za cenu zvýšení povrchové teploty podlahy, mnohdy nad přípustnou hygienickou mez.

Této vysoké mezní povrchové teploty podlahy může být dosaženo pouze s tím, že je to v krátkém časovém úseku z celkové doby vytápění a zároveň v úzkém pásmu, kde není běžný pohyb osob. Dotyková teplota tak není v rozporu s hygienickými kritérii.

Vytvoření zóny podél obvodové stěny se zvýšeným výkonem se může dosáhnout několika způsoby:

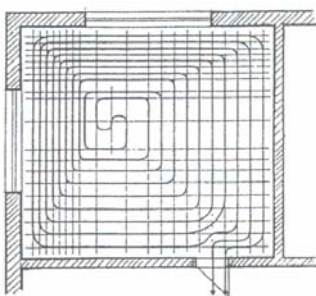
- samostatným topným okruhem s vyšší teplotou otopné vody než je zbývající okruh otopné plochy místnosti. Samostatný topný okruh může mít samostatnou regulaci výkonu. Velmi často se používá tento systém podlah v halových prostorech,
- prioritou přívodu otopné vody do okruhu ochlazované zóny, s hustším kladením topných hadů než na ostatní otopné ploše podlahy. Uspořádání v chladné zóně je buď s paralelním nebo meandrovitým kladením,
- hustším kladením topných hadů v meandrovitě uspořádané otopné ploše podlahy. Je to nejčastější řešení u malých místností.

Meandrové se samostatnou zónou



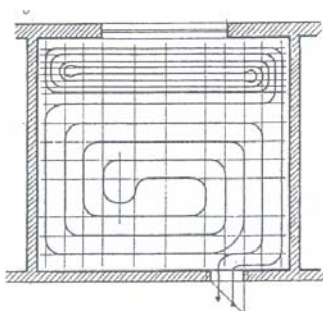
Na obrázku je naznačeno meandrovité proložené kladení topných hadů s menší vzdáleností topných hadů v okruhu ochlazované zóny. Tento meandr je předřazen před zbylou otopnou plochu podlahy. I při meandrovitém kladení s nižší vzdáleností hadů, než vyžaduje průměr ohybu ve smyčce, dochází k podobnému problému jako u paralelního kladení, tj. dodržení většího průměru ohybu než jaký je pro vzdálenost potrubí.

Spirálové se zhuštěním



Zvýšení výkonu lze dosáhnout v chladnějších zónách spirálovým kladením potrubí hustěji tak, že v pásmu podél ochlazovaných stěn je vzdálenost topných hadů nižší. Při spirálovém uspořádání není problém s ohyby v obloucích nebo úhel ohybu při meandrovitém uspořádání je 90° , což odpovídá i běžnému tvaru rohu místnosti. Na obrázku je naznačen takový způsob pro místnost se dvěma nárožními ochlazovanými zdmi.

Spirálové se samostatnou zhuštěnou spirálou



Zvýšení výkonu lze dosáhnout v chladnějších zónách spirálovým kladením potrubí hustěji také tak, že se vytvoří samostatný meandr ke kterému je topná voda přivedena nejdříve. Koncentrace přívodního potrubí teplotnosné látky v prostoru s většími tepelnými ztrátami je tím pádem ještě větší. Rozdíl povrchových teplot je však citelnější než při použití předchozího příkladu zhuštění otopného hadu.

4 VÝHODY A NEVÝHODY PODLAHOVÝCH SYSTÉMŮ

Podlahovým vytápěním se dosahuje téměř ideálního rozložení teplot ve vytápěné místnosti. Zatímco při vytápění kamny a u obvyklého ústředního vytápění článkovými radiátory dosahuje rozdíl teplot vzduchu mezi podlahou a stropem až 8 °C, je u podlahového vytápění teplota vzduchu v pobytové oblasti téměř stálá. Teplá podlaha vyzařuje teplo na člověka a spodní část stěn, vzduch v místnosti se ohřívá konvekci a při pomalém proudění vytváří příjemné prostředí. Sáláním se sdílí až 60 % celkového výkonu a tepelná pohoda se dosahuje i při nižší teplotě vzduchu ve vytápěné místnosti. Tím klesají tepelné ztráty prostupem tepla stavebními konstrukcemi, infiltrací a větráním.

Další úspory energie přináší charakter provozu podlahového vytápění. Jelikož se v soustavě používá otopná voda o nižších teplotách než v ostatních otopných soustavách, je možno využívat i nízkoteplotní tepelné zdroje. U plynových kotlů to znamená, že lze vychladit spaliny na podstatně nižší teplotu než u tradičních soustav. Dobře navržené podlahové vytápění vychladí spaliny tak, že využije i kondenzační teplo a dosáhne zvýšení účinnosti tepelného zdroje až o 6 %. U kondenzačních kotlů.

Podlahové vytápění je skryto ve stavební konstrukci a umožňuje plné využití interiéru. To je výhoda zejména u velkých místností, kde je obtížné jinými způsoby dosáhnout rovnoměrného vytápění bez narušení celkového dojmu konvekčními otopnými tělesy.

Díky technickému rozvoji se podstatně zlepšily vlastnosti potřebných materiálů i montážní postupy. Původní ocelové trubky byly nahrazeny měděnými nebo plastovými, svary a závity lisovanými spojkami. Vlákňité izolace vystřídaly polystyren, asfaltovou lepenku polyetylenové fólie. Rozdělovače, směšovací bloky s regulačními ventily, oběhovými čerpadly a automatikou se vyrábějí sériově, což zkracuje výrazně pracovní časy na stavbě a zkvalitňuje montáž. Také životnost topných kabelů v podlaze přesahuje 50 let. Lze tvrdit, že topné kabely vydrží stejně dlouho jako dům, do něhož byly instalovány.

U podlahového vytápění se pozitivně projevuje i efekt samoregulace. Předávání tepla z podlahového vytápění se uskutečňuje pouze tehdy, když existuje teplotní rozdíl mezi vzduchem v místnosti a podlahou. Pokud se vzduch v místnosti ohřeje například slunečním zářením nebo tělesnou teplotou přítomných osob, sníží se množství předávaného tepla z podlahy.

Z principu podlahového vytápění plynou však i některé nevýhody, které musí projekt respektovat. Na příklad zalití otopných trubek do betonové vrstvy velice zhoršuje případné opravy. Rekonstrukce nebo dodatečné změny ve velikosti otopných ploch jsou vždy spojeny s náročnými stavebními pracemi. Je proto třeba věnovat projektové přípravě, volbě materiálů, montáži a uvádění do provozu zvýšenou pozornost, protože chyba, které se při realizaci podlahového vytápění stavebník dopustí, je mnohdy neodstranitelná. I ty zdánlivě drobné mohou způsobit značné potíže. Neoznačí-li se například na rozdělovači před zalitím napojení jednotlivých okruhů, nelze provést hydraulické vyregulování a osadit automatickou regulaci. Určité omezení je i v tom, že už při návrhu velikosti otopných ploch musí být známo zakrytí podlahy např. kuchyňskou linkou nebo rozměrnějším soklovým nábytkem, protože výrazně omezuje předávání tepla.

Podlahová otopná soustava má díky hmotnosti betonové desky značnou tepelnou setrvačnost. Není proto schopna rychle reagovat na změny teplot a na zisky např. osluněním. Pro místnosti s podlahovým vytápěním by neměla být navrhována velká okna.

Vliv chladných ploch a proudění studeného vzduchu se dá omezit vytvořením okrajového pásma s hustším uložením trubek. Tím se ovšem zvýší výkon a teplota podlahy. Při takovémto řešení je třeba posoudit vliv na případný trvalý pobyt osob v tomto pásmu a případný rozpor s hygienickými podmínkami. Vhodnější řešení je instalace doplňkového podlahového konvektoru s vyšší teplotou otopné vody, který může být vybaven ventilátorem pro rychlou reakci na změnu klimatických podmínek.

Mnohdy se uvádí, že podlahové vytápění je investičně náročné. Podstatnou část nákladů však tvoří stavební práce, tepelná izolace a konstrukce podlahy. Tepelnětechnické vlastnosti stavebních konstrukcí jsou ovšem předepsány ČSN 73 0540-3 a musí být dodrženy bez ohledu na způsob vytápění. Tepelný odpor podlahy je touto normou předepsán podstatně větší, než by vyžadovala instalace podlahového vytápění. Pokud se jedná o novostavbu, zřejmě budeme na počáteční investici nahlížet shovívavěji nežli tomu bude u rekonstrukce.

5 NÁVRH A VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

5.1 VÝPOČET TEPELOVODNÍHO PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Při výpočtu podlahového teplovodního vytápění se vychází z následujících kritérií:

- . tepelná rovnováha vytápěného prostoru
- . tepelná ztráta vytápěného prostoru
- . tepelnětechnický výpočet otopné podlahové plochy
- . hydraulický výpočet otopné podlahové plochy
- . komplexní algoritmus přenosu tepla a hmoty.

Tepelná rovnováha ve vytápěném prostoru

Podlahová otopná plocha s tepelným příkonem Q_P sdílí teplo do vytápěné místnosti sáláním na chladnější plochy ΣQ_{sPj} a menší množství sdílí konvekcí do vzduchu Q_{kP} . Pro podlahovou otopnou plochu platí:

$$Q_P = \sum Q_{sPj} + Q_{kP} \quad [W]$$

V místnosti mohou být ještě další tepelné zisky – Q_Z a rovněž se od vnitřních osálaných konstrukcí v místnosti ohřívá okolní vzduch ΣQ_{kj} a ohřívá se též od samotné sálající plochy Q_{kP} . Pro tepelnou rovnováhu vzduchu ve vytápěném prostoru pak platí:

$$Q_v = \sum Q_{kj} + Q_{kP} - Q_Z \quad [W]$$

Po úpravě této rovnice a dosazení do první rovnice dostaneme rovnici tepelné rovnováhy sálavé otopné plochy a vzduchu v interiéru:

$$Q_P = \sum Q_{sPJ} + Q_v - \sum Q_{kj} + Q_Z \quad [W]$$

Tepelný tok sdílený do vytápěného prostoru otopnou plochou se odvede stavební konstrukcí do sousedních prostor či ven vedením stěnou a přestupem na vnější straně stěny. Tepelný tok Q_{ej} sdílený vedením a přestupem ze stavební konstrukce je dán součtem tepla sdíleného u stěn konvekcí Q_{kj} a tepla sdíleného na stěny sáláním Q_{sj} . Rovnice tepelné rovnováhy pro j-tou stavební konstrukci má tvar:

$$Q_{ej} = \sum Q_{sj} - Q_{kj} \quad [W]$$

Použitím zákona reciprocity pro sálavý tepelný tok mezi sálavou (otopnou) plochou a osálanou plochou lze psát:

$$Q_{sj} = \sum Q_{sPj} \quad [W]$$

Úpravou čtvrté rovnice a použitím zákona reciprocity získáme:

$$\sum Q_{kj} = \sum Q_{sPj} - Q_{ej} \quad [W]$$

Dosazením šesté rovnice do rovnice třetí získáme:

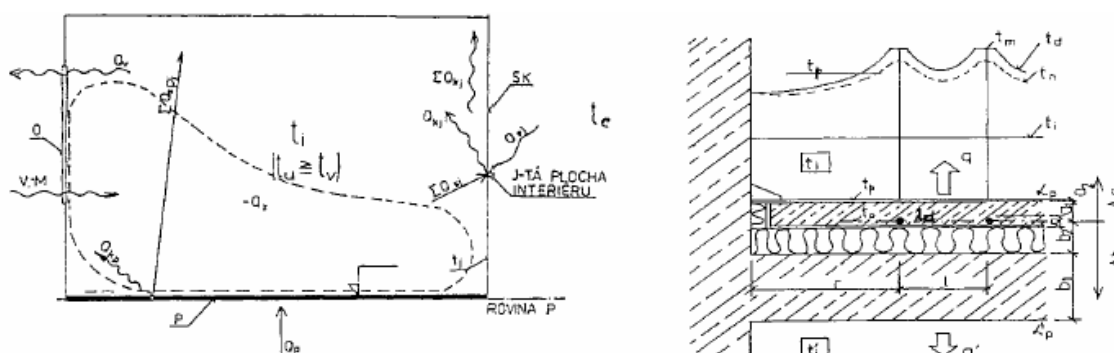
$$Q_p = \sum Q_{ej} + Q_v + Q_z \quad [W]$$

Budeme-li předpokládat, že $Q_z = 0$ a rozepíšeme-li tepelné toky na levé i na pravé straně rovnice získáme rovnici tepelné rovnováhy prostoru, který je vytápěn sálavou velkoplošnou otopnou plochou. Pravá strana v následující rovnici není nic jiného než celková tepelná ztráta místnosti.

$$\alpha_p S_p (t_p - t_u) = \sum [\Lambda_j S_j (t_j - t_e)] + \rho c V (t_j - t_e) \quad [W]$$

kde	t_v	je	teplota vzduchu v místnosti	[°C],
	t_p	–	střední teplota otopné plochy	[°C],
	t_u	–	účinná teplota okolních ploch	[°C],
	t_j	–	střední povrchová teplota j-té stavební konstrukce	[°C],
	t_e	–	venkovní oblastní výpočtová teplota	[°C],
	ρ	–	hustota vzduchu	[kg/m ³],
	c	–	měrná tepelná kapacita vzduchu	[J/kg.K],
	V	–	objemový průtok vzduchu	[m ³ /s],
	α_p	–	celkový součinitel přestupu tepla	[W/m ² .K],
	S_p	–	velikost otopné plochy	[m ²],
	S_j	–	plocha j-té stavební konstrukce	[m ²],
	Λ_j	–	tepelná propustnost j-té stavební konstrukce	[W/m ² .K].

Tepelně-technický výpočet podlahového vytápění



Obr. 20. – Tepelná rovnováha místnosti a schematický řez

Při výpočtu podlahové otopné plochy se vychází z předpokladu, že střední povrchová teplota podlahy nepřekročí hygienicky přípustné hodnoty a tepelný výkon podlahové otopné plochy bude krýt tepelné ztráty místnosti.

Hlavním výkonovým parametrem je měrný tepelný výkon q při fyziologicky přípustné střední povrchové teplotě podlahové plochy t_p . Za předpokladu, že po obou stranách stropu je stejná teplota $t_i = t'_i$, se střední povrchová teplota počítá ze vztahu

$$t_p - t_i = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} (t_m - t_i) \frac{tgh\left(m \frac{l}{2}\right)}{m \frac{l}{2}} \quad [\text{W}]$$

kde	t_m je	střední teplota otopné vody	$[\text{°C}]$,
	t_i	– výpočtová vnitřní teplota	$[\text{°C}]$,
	m	– charakteristické číslo podlahy	$[\text{m}^{-1}]$,
	Λ_a	– tepelná propustnost vrstev nad trubkami	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$,
	α_p	– celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$,
	l	– rozteč trubek	$[\text{m}]$.

Charakteristické číslo podlahy při respektování válcového tvaru zdrojů se počítá ze vztahu

$$m = \sqrt{\frac{2(\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \lambda_d d}} \quad [\text{m}^{-1}]$$

kde	Λ_b je	tepelná propustnost vrstev pod trubkami	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$,
	λ_d	– součinitel tepelné vodivosti mat. do kterého jsou zality trubky	$[\text{W/m} \cdot \text{K}]$,
	d	– vnější průměr trubek	$[\text{m}]$.

Při výpočtu tepelné propustnosti vrstvy nad trubkami

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

kde	a je	tloušťka jednotlivých vrstev nad osou trubek	$[\text{m}]$,
	λ_a	– součinitel tepelné vodivosti mat. do kterého jsou zality trubky	$[\text{W/m} \cdot \text{K}]$.

se doporučuje počítat se součinitelem přestupu tepla na povrchu otopné plochy

$$\alpha_p = \alpha_s + \alpha_{kp} = 5,4 + 6,6 = 12. \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

Tepelná propustnost vrstvy pod trubkami se určí ze vztahu

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha'_p}} = \frac{1}{R_{str} + \frac{1}{\alpha'_p}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

kde	R_{str} je	tepelný odpor stropní desky	$[\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$,
	α'_p	– součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné podlahy (obvykle se volí $\alpha'_p = 8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)	$[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$.

Střední povrchová teplota podlahové otopné plochy nemá z fyziologických důvodů přestoupit hodnotu:

$t_p = 27$ až 29 °C u místností pro trvalý pobyt (obytné místnosti, kanceláře, ...)

$t_p = 30$ až 32 °C u pomocných místností, kde člověk jen příležitostně přechází (předsíně, chodby, schodiště, ...)

$t_p = 32$ až 34 °C u místností, kde člověk převážně chodí bos (plovárny, lázně, ...).

Při daných výchozích teplotách t_m a t_i závisí střední povrchová teplota t_p především na rozteči trubek l . Ostatní veličiny jsou buď přibližně konstantní nebo mají na výsledek jen malý vliv. Ze základních rovnic lze sestavit pomocný diagram pro určení střední povrchové teploty. Z diagramů lze také odečítat měrný tepelný výkon otopné plochy

$$q = \alpha_p (t_p - t_i) \quad [\text{W/m}^2]$$

a měrný tepelný tok podlahové otopné plochy směrem dolů při stejných vnitřních teplotách nad otopnou plochou i pod ní

$$q' = \Lambda_b \frac{\alpha'_p}{\Lambda_a} (t_p - t_i) \quad [\text{W/m}^2]$$

Při rozdílných teplotách na obou stranách podlahy $t_i \neq t'_i$ se počítá měrný tepelný tok na spodní straně podlahy ze vztahu

$$q' = \Lambda_b \frac{\alpha'_p}{\Lambda_a} (t_p - t_i) + \Lambda_b (t_i - t'_i) \quad [\text{W/m}^2]$$

Tento tepelný tok představuje ztrátu tepla, kterou je třeba co nejvíce omezit. V případě, kdy je pod podlahou nevytápěná místnost je nutno volit větší tepelný odpor vrstvy pod trubkami $1/\Lambda_b$ než u místností ve vyšších podlažích. Nejčastěji se požaduje, aby tepelná ztráta q' nebyla větší než 10 až 15 % užitečného tepelného výkonu q . Tepelný odpor vrstvy pod trubkami je třeba zvětšit na hodnotu

$$\frac{1}{\Lambda_b} = \frac{1}{n} \left(\frac{1}{\Lambda_a} + \frac{(t_i - t'_i)}{q} \right) \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$$

kde poměr n se volí obvykle 0,05 a 0,15.

Tepelná propustnost Λ_a podlahových vrstev

Skladba vrstev podlahy směrem a	Λ_a [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$]
beton + lepená keramická dla.ba	8
beton + keramická dla.ba na maltu	7
beton + PVC	8
beton + jekor	5,5
beton + vlysky	4,5
beton + kovral	3,8
beton bez povrchové vrstvy	8,5
beton s armovacím .elezem	9,3

Tepelná propustnost Λ_b podlahových vrstev

Skladba vrstev podlahy směrem b	Λ_a [W/m ² .K]
ocelobetonová deska, vyrovnávací vrstva, KARI síť	3,2
ocelobetonový dutinový panel, vyrovnávací vrstva, KARI síť	2,2
strop MIAKO (HURDIS), KARI síť	1,8
ocelobetonová deska, vyrovnávací vrstva, polystyrén 4 cm, PE, KARI síť	0,8
dutinový panel + vyrovnávací vrstva, polystyrén 4 cm, PE, KARI síť	0,7
strop MIAKO + vyrovnávací vrstva, polystyrén 4 cm, PE, KARI síť	0,67
ocelobetonová deska, vyrovnávací vrstva, polystyrén 6 cm, PE, KARI síť	0,6
dutinový panel + vyrovnávací vrstva, polystyrén 6 cm, PE, KARI síť	0,55
strop Miako + vyrovnávací vrstva, polystyrén 6 cm, PE, KARI síť	0,5
beton, lepenka, vyrovnávací vrstva, polystyrén 6 cm, PE, KARI síť na rostlé půdě	0,35

Měrný tepelný tok q v závislosti na vnitřní teplotě t_i a teplotě povrchu t_p

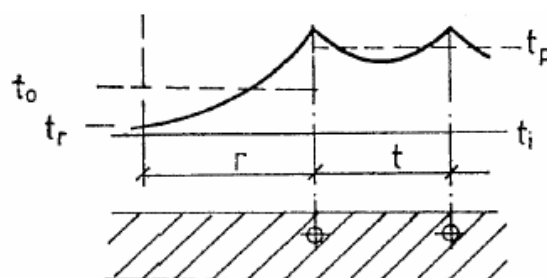
t_i [°C]	$t_{p \max}$ [°C]			Q [W/m ²]
	26	29	33	
15	130	160	210	
18	90	125	175	
20	70	100	150	
24	20	60	105	

Tepelný odpor nejběžnějších podlahových krytin

Podlahová krytina	Tepelný odpor R [m ² .K/W]
PVC	0,01
Keramické dlaždice	0,02
vlysy z tvrdého dřeva	0,04
PVC s pryží	0,05
koberec (podle výšky)	0,07 a. 0,22

Pro místnosti ležící pod jinými vytápěnými místnostmi se celková otopná plocha určí ze vztahu

$$S_p = \frac{Q_c}{q + q'}, \quad [\text{m}^2]$$



kde Q_c je celková tepelná ztráta místnosti počítaná podle ČSN 06 0210. U místností v přízemí či v nejvyšším podlaží se otopná plocha počítá ze vztahu

$$S_p = \frac{Q_c}{q}, \quad [\text{m}^2]$$

a celkový tepelný příkon otopné plochy Q_{PC} je pro oba případy dán vztahem

$$Q_{PC} = (q + q')S_p \quad [\text{W}]$$

Skutečný výkon podlahové otopné plochy je větší o tepelný tok, který sdílí okrajová plocha, ve které nejsou položeny trubky.

Šířka okraje r závisí na charakteristickém čísle podlahy m , což vyjadřuje empirický vztah

$$r = \frac{2,3}{m} \quad [\text{W}]$$

Tato šířka okraje, tedy vzdálenost první trubky otopného hadu od stěny se respektuje při návrhu resp. při umístění otopného hadu podlahy. Vzdálenost krajní trubky otopného hadu od stěny ukazuje obr. 5.2-24. Tepelný výkon okrajové plochy Q_o je vyjádřen vztahem.

$$Q_o = Q_p \frac{O_p}{S_p} \frac{0,448l}{\text{tgh}\left(m \frac{l}{2}\right)} \quad [\text{W}]$$

kde O_p je obvod topné podlahové plochy vymezené krajními trubkami $[\text{m}]$,
 S_p – otopná podlahová plocha ohraničená krajní trubkou $[\text{m}^2]$.

Vliv nábytku na vysokých nohách je možné zanedbat. V ploše pod nábytkem s nízkými nohama se výkon podlahové otopné plochy snižuje o více jak 50 %.

5.2 HYDRAULICKÝ VÝPOČET PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Rozeznáváme tlakové ztráty třením a místními odpory a tudíž obecný a základní vztah pro výpočet tlakových ztrát má tvar

$$\Delta p_z = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi \quad [\text{Pa}]$$

kde Δp_z je celková tlaková ztráta otopného hadu $[\text{Pa}]$,
 Δp_λ – tlaková ztráta třením $[\text{Pa}]$,
 Δp_ξ – tlaková ztráta místními odpory $[\text{Pa}]$.

Délky potrubí jednotlivých otopných hadů by měly být přibližně stejné, aby vyvážení (zaregulování) tlakových ztrát jednotlivých okruhů u rozdělovače bylo co nejjednodušší. Neměly by přesáhnout 120 m a tak nás tento požadavek mnohdy nutí dělit otopnou plochu na více okruhů.

Při hydraulickém výpočtu je potřeba nejdříve určit z celkového tepelného výkonu Q_{PC} a ochlazení teplotnosné látky v okruhu Δt hmotnostní průtok otopným hadem M

$$M = \frac{Q_{PC}}{c \Delta t} \quad [\text{kg/s}]$$

kde $Q_{PC} = Q_p + Q'_p$ je celkový výkon navrhovaného tepelného okruhu $[\text{W}]$,
 c – měrná tepelná kapacita teplotnosné látky $[\text{J/kg.K}]$,
 Δt – ochlazení na otopném hadu $[\text{K}]$.

Ochlazení respektive teplotní rozdíl mezi přívodní t_1 a zpětnou t_2 vodou do okruhu lze počítat s dostatečnou přesností jako prostou střední hodnotu.

$$\Delta t = (t_1 + t_2) / 2 \quad [\text{K}]$$

Tlaková ztráta třením je vyjádřena rovnicí

$$\Delta p_\lambda = R l_p \quad [\text{Pa}] \quad (5.2-2)$$

V rovnici (5.2-2) značí l_p délku trubek otopného hadu. Tuto délka je možno pro různý způsob uložení určit takto:

- pro plošnou spirálu

$$l_p = n \left\{ (A - l_o) - \Sigma b - 2 \left[R + \left(\frac{3}{2} + \frac{d}{R} \right) \right] \sqrt{3R^2 - l \left(\frac{l}{4} + R \right)} \right\} + R(n-1) \left(3 - 4 \arcsin \frac{\frac{1}{2} + R}{2R} \right)$$

- pro meandrovou pokládku

$$l_p = n(A + l - l_o - \Sigma b - (4 - \pi) \cdot R) \quad [\text{m}]$$

kde	l	je	rozteč trubek	[m],
	A	–	délka místnosti	[m],
	l_o	–	délka části místnosti bez otopného hadu	[m],
	Σb	–	vzdálenost krajních trubek od svislých konstrukcí	[m],
	R	–	poloměr zakřivení oblouku	[m],
	d	–	průměr trubky	[m],
	n	–	počet řad trubek otopného hadu	[–].

Pro častěji využívané meandrové pokládky je spotřeba trubek l_p vztažená na m^2 plochy uvedena v tab.

Spotřeba potrubí u meandrové pokládky

Rozteč trubek / [m]	5	10	15	20	25	30
Spotřeba trubek l_p [m/m ²]	20	10	7	5	3,8	3,5

Měrná tlaková ztráta (tlakový spád) R se určí

$$R = \frac{\lambda}{d_i} \frac{w^2}{2} \rho \quad [\text{m}]$$

kde	λ	je	součinitel třecí ztráty	[–],
	d_i	–	vnitřní průměr potrubí	[m],
	ρ	–	hustota teplotnosné látky	[kg/m ³].

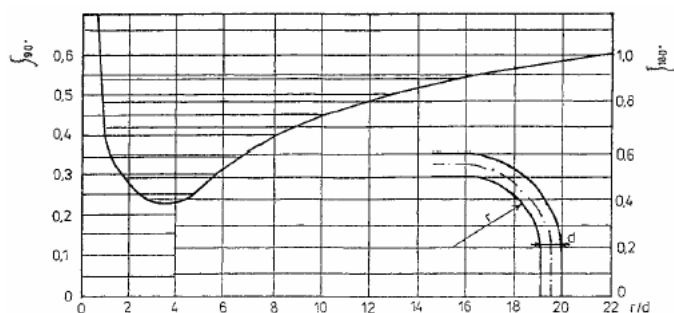
Tlaková ztráta místními odpory je určena vztahem

$$\Delta p_z = \Sigma \xi \frac{w^2}{2} \rho \quad , \quad [m]$$

kde ξ je součinitel místního odporu [-].

U podlahové otopné plochy jsou místními odpory pouze oblouky otopného hadu. Součinitel místního odporu není tedy srovnatelný s běžně využívanými součiniteli ve vytápění a závisí na poloměru zakřivení R a na úhlové míře φ . Součinitel místního odporu pro úhel 90° má tvar

$$\xi_{90} = 0,034083 + 0,744580769 \ln \frac{R}{d} \quad [-]$$



Obr. 21. -Součinitel místního odporu pro oblouk 90° a 180°

Jak je patrné, využívá se pro vyjádření součinitele místního odporu max. hodnota úhlu 180° . Pro větší hodnoty úhlů je místní odpor zanedbatelný a postupuje se tedy jako by potrubí mělo pouze ztrátu třením. Suma místních odporů je určena:

– pro plošnou spirálu

$$\Sigma \xi = (n-1) \xi_\varphi \quad [-]$$

– pro meandrovou pokládku

$$\Sigma \xi = 2(n-1) \xi_\varphi \quad [-]$$

kde n je počet řad trubek otopného hadu [-],
 ξ_φ – součinitel místního odporu oblouku úhlu φ [-].

6 SYSTÉMY PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ NA NAŠEM TRHU

Na našem trhu je možné najít produkty dnes již zavedených výrobců systémů podlahového vytápění. Po pionýrských dobách se nabídka v této oblasti ustálila na osvědčených typech, které již v mnoha aplikacích doložily svou kvalitu. Vývoj podlahových otopných systémů se však nezastavil, jak z hlediska použitých materiálů, tak i z hlediska různých konstrukcí a postupů provedení.

Mezi teplovodní systémy podlahových vytápění patří především Pedotherm, Gabotherm, Rehau, Revel, Universa, Ekoplastik, Uniterm, Novoterm, G-term, Unipope, Giacomini a další.

K nejznámějším systémům elektrických podlahových vytápění se řadí Devi, Ecofloor, Ecofilm, Chromoflex, Thermaflex, V-systém, Metalvatedino, Vatedino a další.

Podrobnější popis vybraných systémů je uveden v příloze (1).

Pedotherm – uložení v systémové desce



Systémová deska Gabotherm s fólií



Systémová deska Rehau – detail spoje



Revel- suchý systém

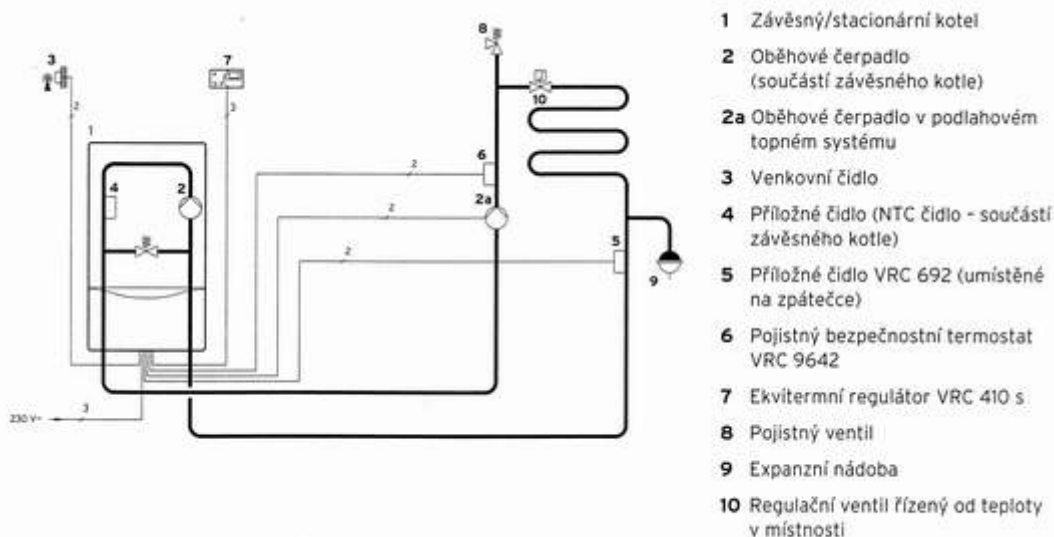


Obr .22.- Systémy podlahových vytápění různých výrobců

7 NEJČASTĚJŠÍ ZAPOJENÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ SE ZDROJI TEPLA

Zapojení zdroje s jedním okruhem pro vytápění

Hlavní podlahové vytápění na jednom okruhu pokrývá celou potřebu tepla pro obytný dům. Systém najde uplatnění, hlavně v nízkoenergetických dobře zateplených domech s velmi malou tepelnou ztrátou, kde tepelný tok odevzdaný přes podlahu, při dodržení hygienických předpisů týkajících se teploty povrchové vrstvy podlahy, je větší než tepelná ztráta objektu.



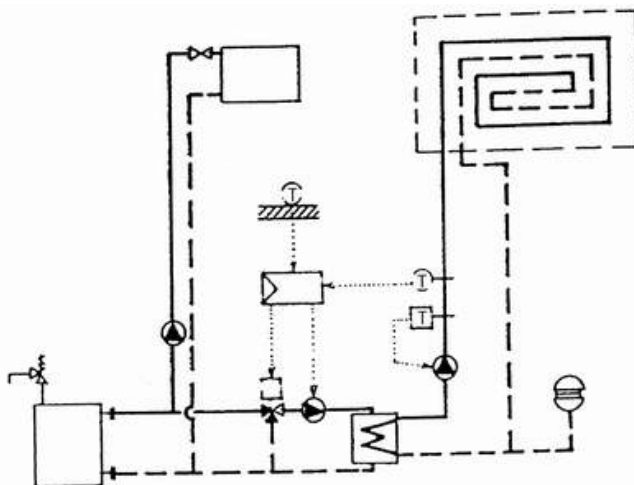
Zapojení zdroje v kombinaci radiátorového okruhu s podlahovým vytápěním

Takováto zapojení se použijí všude, kde vytápění pouze podlahovou plochou není schopno pokrýt tepelné ztráty objektu nebo jednotlivých místností či zabezpečit dostatečnou tepelnou pohodu a komfort (koupelna, záchod, chodba ..).

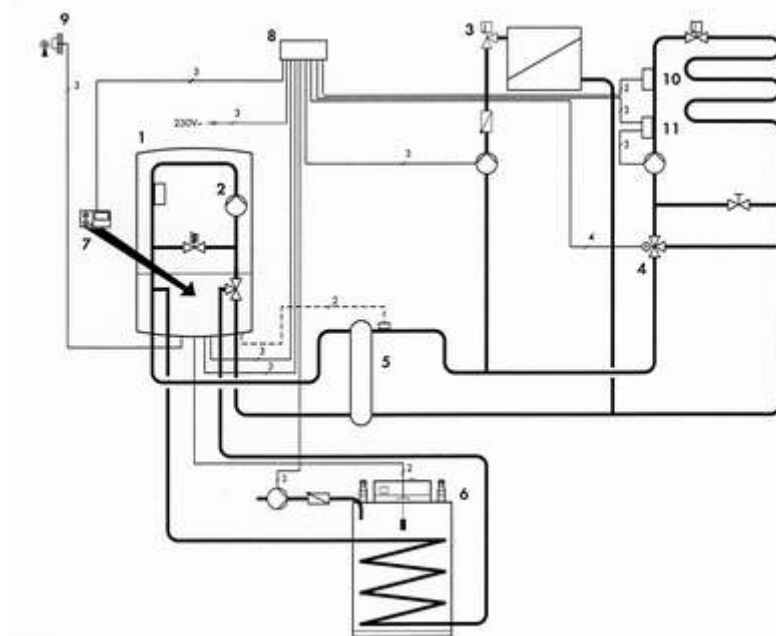
Může být provedeno :

- s nepřímým napojením podlahové topné větve
- s přímým napojením podlahové topné větve

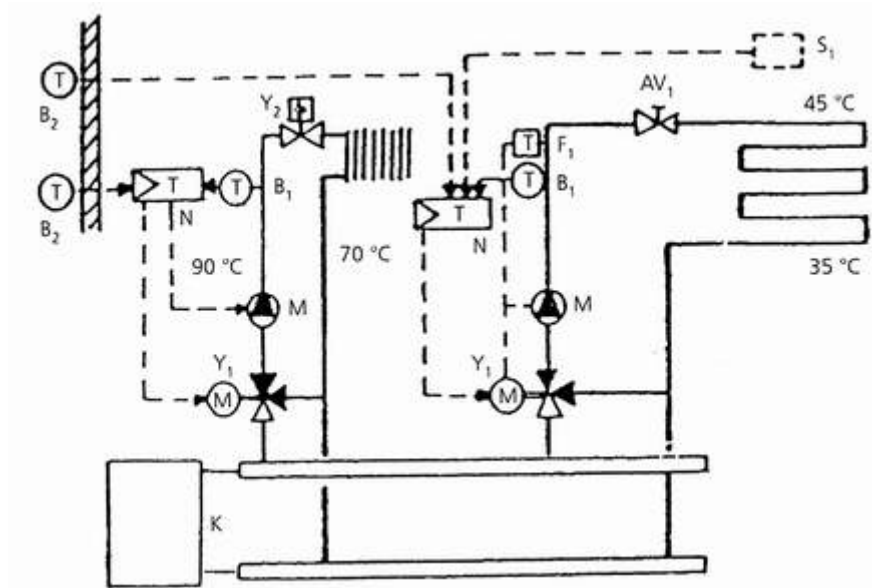
a) *s nepřímým napojením* – topná větev je připojena přes výměník, na samostatné větvi podlahového vytápění je čidlo teploty a pojistné bezpečnostní čidlo, které přes termostat ovládá směšovací ventil primárního okruhu, jenž řídí průtok vody do výměníku.



s *přímým napojením* – podlahová topná větev je připojena přímo na okruh kotle stejně jako větev radiátorová (pouze přes HVDT). Mezi výstroj podlahové větve patří směšovací trojcestný ventil, vlastní čerpadlo pro podlahovou větev (z důvodů vyrovnání složitějších hydraulických poměrů) a opět čidlo teploty a bezpečnostní termostat. Někdy bývá za trojcestný ventil zařazen zkrat. V místě podlahového vytápění se může osadit ještě termostatický ventil, jenž reguluje na požadovanou teplotu každé konkrétní místnosti, jak je tomu u systému na následujícím obrázku, kde je primárně použita ekvitermní regulace.



Na následujícím obrázku je obdobné přímé zapojení jako na předchozím, avšak zde je podlahová topná větev napojena z rozdělovače. Teplota v místnosti s podlahovým vytápěním je však snímána a doregulována pokojovým termostatem, jenž ovládá trojcestný ventil, namísto předchozí aplikace termohlavice přímo na ventil podlahového topení. Doregulování průtoky vody v radiátorové větvi se děje na opět až na tělesech pomocí termostatických hlav.



Zapojení s více zdroji tepla

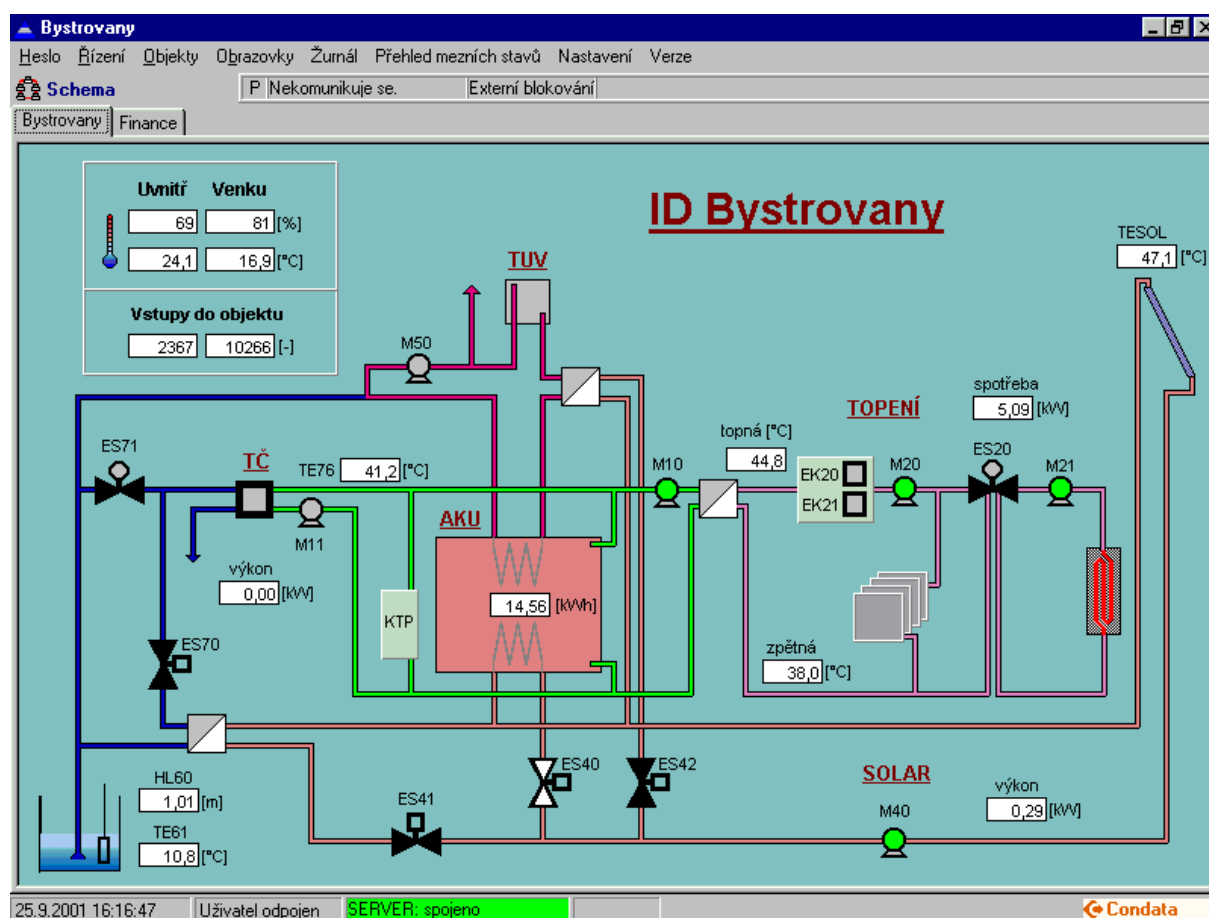
Zapojení s více zdroji nízkopotenciálního tepla pro energetické domy (s nižší potřebou tepla) řízené inteligentními systémy.

Jedním z hlavních úkolů takového systému je sladění chodu všech zdrojů energií tak, aby pracovaly v optimálním provozu a současně maximálně ekonomicky. To je důležité zejména pro provoz tepelného čerpadla a solárních kolektorů.

Neméně důležité je řízení tepelné pohody v jednotlivých místnostech dle skutečné potřeby v čase. To umožňuje síť elektronických hlavice na termostatických ventilech u radiátorů nebo v rozdělovačích podlahového vytápění. Hlavice obsahují čidlo teploty, vyhodnocovací jednotku a pohon pro ovládání ventilu. Na základě porovnání skutečné a požadované teploty provede pohon nastavení ventilu.

Inteligentní souhrau zdrojů a spotřebičů, která je nepřetržitě optimalizována, se dosahuje největších úspor energie.

Dalším výhodou těchto aplikací je schopnost získat data, zpracovat je a následně přenést i na vzdálené místo k uživateli. Tyto informace jsou pak základem pro energetickou správu budov, kdy každý nesoulad mezi předpokládanou potřebou energie a skutečnou spotřebou spustí celou řadu opatření k nápravě. Využití dat pro ekonomické potřeby, jako je rozúčtování nákladů mezi jednotlivými odběrateli, je dostatečně využíváno již nyní. Nová však je možnost využít tato data jako podklad pro projektování následných cílených opatření v oblasti snižování energetické náročnosti budov.



8 SYSTÉMY REGULACE PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Regulace slouží k řízení výkonu zdroje tepla, k řízení teploty topné nebo užitkové vody. Dalším důvodem k regulaci je také dosažení tepelné pohody, což je ovšem také dosti individuální záležitost.

Podmínkou hospodárného provozu topného systému je kvalifikované zhodnocení konkrétního stavu a následně důsledná realizace regulačních opatření od zdroje, rozvodů, stoupaček, jednotlivých větví topné soustavy až po otopná tělesa.

8.1 REGULACE TEPLOVODNÍCH PODLAHOVÝCH VYTÁPĚCÍCH SOUSTAV

Pomineme-li velmi jednoduché formy ovládání výkonu otopné soustavy, lze rozdělit oblasti regulace na :

- regulace centrálního zdroje,
- individuální regulace otopných ploch
- kombinace obou

8.1.1 REGULACE CENTRÁLNÍ - REGULACE ZDROJE

Jedná se o regulaci zdrojů teplovodních soustav a to :

- termostat v referenční místnosti
- ekvitermní regulace

Regulace pokojovým termostatem v referenční místnosti

Ve vytápěném objektu se vybere místnost, jejíž teplotní režim je určen jako vztažný a rozhoduje o míře vytápění celého objektu. V rodinném domku to může být např. obývací pokoj. Jakmile teplota v této místnosti dosáhne požadované hodnoty, je pokojovým termostatem vyslán povel zdroji s požadavkem jeho vypnutí či potřebného omezení okamžitého výkonu. Dojde-li naopak ke snížení teploty v referenční místnosti pod požadovanou míru (což je dáno citlivostí, resp. hysterezí termostatu), obdrží zdroj povel k zapnutí či zvýšení okamžitého výkonu.

Praktická provedení termostatů mohou být rozličná. Od nejjednodušších prostých termostatů s potenciometrem až po komfortní programovatelné termostaty s možností nastavení několika různých útlumů během dne.



Ekvitermní regulace



Zabezpečuje přizpůsobení okamžitého výkonu otopné soustavy aktuální venkovní teplotě prostřednictvím regulace teploty otopného média. Bude-li pro minimální venkovní teplotu (např. -15°C) potřebná teplota náběhové vody 90°C , stanoví projekt, jaké teploty náběhové vody budou potřebné pro jiné (vyšší) venkovní teploty. Tato závislost se ve formě vhodné zvolené křivky zadá ekvitermnímu regulátoru. Možná je i kombinace s pokojovým termostatem.

Technicky se potřebné teploty náběhové vody dosahuje zpravidla směřováním teplé vody z kotle s vratnou vodou ve směšovací armatuře řízené elektrickým pohonem z ekvitermního regulátoru.

Ekvitermní regulátory jsou různé složitosti, mohou být i s časovým programem vhodných útlumů a podobně. Venkovní čidlo je potřeba umístit s ohledem na jeho případné oslunění či další povětrnostní vlivy.

Regulace zdroje tepla oběma výše popsanými metodami však neřeší řízenou distribuci tepla do jednotlivých částí objektu a neumí reagovat na okamžitou potřebu teplotních změn nebo trvale rozdílných teplot v jednotlivých místnostech. To je bohužel hranice, kterou tyto regulátory nemohou překročit. Proto dochází k nežádoucímu přetápění nebo naopak k nedotápění některých prostor. Ekvitermní regulace se mnohdy kombinuje s použitím prostorového termostatu, aby se docílilo lepšího doregulování potřeby tepla v objektu, popřípadě jednotlivých místnostech.

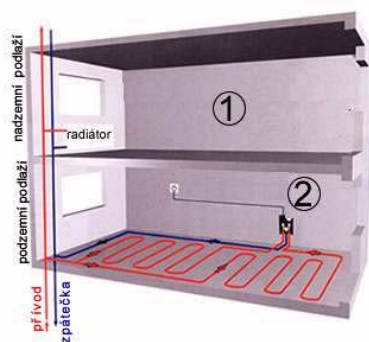
8.1.2 REGULACE MÍSTNÍ – REGULACE OTOPNÝCH PLOCH

- termostatický ventil s termohlavicí přímo v místnosti
- elektronická regulace plynulá (servopohony)
- elektronická regulace dvoustavová (termopohony)

Metody regulace zdroje tepla jsou na hranici svých možností a s výjimkou nepatrného zvyšování účinnosti jednotlivých prvků otopné soustavy je již moc nelze dále rozvíjet. Zásadním krokem vpřed je metoda nesoučasného vytápění jednotlivých místností. Znamená to ovšem jednoznačně přechod od regulace zdroje k regulaci výkonu otopných těles. Nejde již o regulaci teploty otopné vody, ale o regulaci průtoku - tedy množství otopné vody.

Termostatický ventil s termohlavicí

Ventily s termostatickými hlavici jsou přímočinné proporcionální regulátory s malým pásmem proporcionality. Nepracují s žádnou pomocnou energií a reagují na odchylku mezi nastavenou a skutečnou teplotou v místnosti. Používané pásmo proporcionality bývá zpravidla 2K (tedy např. při 20°C bude ventil otevřen, při 22°C uzavřen). Pro uspokojivou funkci otopné soustavy s termostatickými ventily je nezbytné její poměrně dokonalé hydraulické vyvážení.



Praktickou provozní nevýhodou termostatických hlavice je nebezpečí jejich zatuhnutí působením vodního kamene a jiných nečistot. Nastává zpravidla po skončení letního období, kdy hlavice byla několik měsíců bez pohybu; doporučení výrobce k občasnému ručnímu protočení na tom jen stěží něco změní. Systémovou nevýhodou termostatických hlavice je absence časového (programového) řízení.

Elektronická regulace plynulá se servopohony

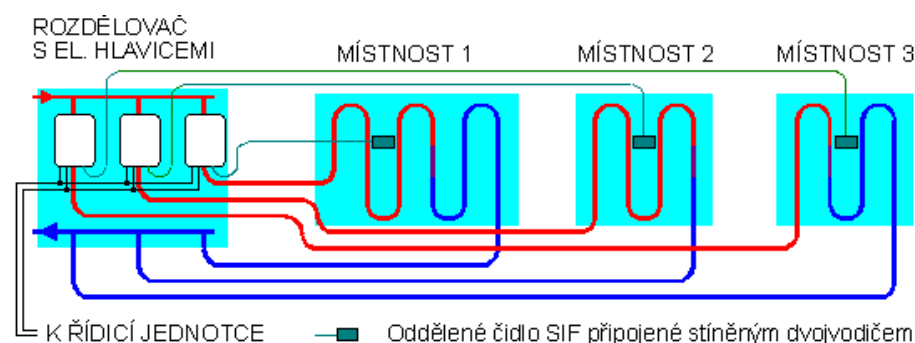
Servopohon je akční člen, jehož vlastnosti jsou pro konstrukci programově řízeného vytápění velmi vhodné. První takovou vlastností je plynulé ovládání průtoku otopného média škrcením ventilu otopného tělesa. Druhou dobrou vlastností servopohonu s elektromotorkem je jeho paměťová funkce - mechanismus je samodržný a nastavenou polohu si zachová i při odpojení napájení. Jediným negativním projevem servopohonu může být jeho hluk při činném chodu způsobený hlukem motorku a převodovky.



Elektronické regulační soupravy pro individuální řízení teplot jednotlivých místností vyžadují komunikaci akčních členů s řídicí jednotkou. Centrální řízení má při regulaci domku, bytů, škol, hotelů, nezastupitelnou roli. Umožňuje totiž prostřednictvím řídicí jednotky:

- ovládat další zařízení (kotel) v závislosti na dosažení požadovaných teplot v místnostech
- uvedení celé soupravy do žádaného stavu podle různých podmínek (např. otevřít všechny hlavice při hrozícím přetopení kotle na tuhá paliva)
- provádět diagnostiku regulační i otopné soustavy
- evidovat údaje využitelné pro rozdělování topných nákladů mezi jednotlivé uživatele

Příklad použití servopohonů na ventilech rozdělovače. Ventily jsou osazeny elektronickými hlavici a jejich oddělená čidla jsou vyvedena dvoužilovým stíněným kabelem do příslušných místností.

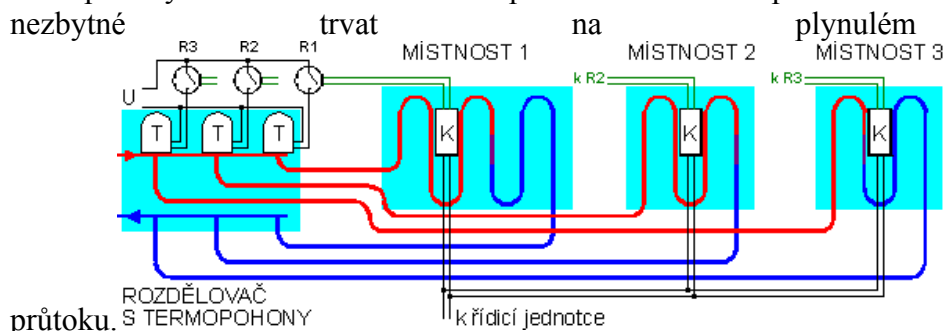


Praktickým problémem je u tohoto způsobu regulace montáž elektronických hlavice na ventily v rozdělovači. Rozteč ventilů bývá různá podle konstrukce a výrobce, často je však jen 50 mm. Šířka el. hlavice může být větší a pak neumožňuje montáž vedle sebe. Je-li to možné, lze konstrukci rozdělovače přizpůsobit.

Elektronická regulace dvoustavová s termopohony

Běžný termopohon je zařízení, které vychází z principu termostatické hlavice. Řídicí veličinou však není teplota okolí, nýbrž teplo vestavěného topného článku vyhřívaného přivedeným elektrickým proudem. Přivedením proudu dojde k ohřátí vlnovce a uzavření ventilu, po odpojení proudu se ventil opět otevře. I na termopohon přirozeně působí také teplota okolí, což může v některých případech ovlivnit jeho funkci (např. při umístění na rozdělovači podlahového topení).

Brání-li závažné důvody montáži elektronických hlavice na ventily rozdělovače, lze pro regulaci podlahového vytápění použít i dvoustavovou regulaci (zavřeno/otevřeno) termopohonů. Vzhledem k velké tepelné setrvačnosti podlahového vytápění není totiž nezbytné



8.1.3 KOMBINOVANÉ REGULACE

Ve snaze o odstranění některých nevýhod výše uvedených regulací vznikla celá řada kombinovaných systémů; mezi hlavní z nich patří :

Zónová regulace

V případech, kdy vytápěný objekt je postaven tak, že různé jeho části jsou vystaveny výrazně odlišným klimatickým vlivům či funkčnímu zaměření jednotlivých zón, provádí se samostatná regulace topné vody pro jednotlivé okruhy topné vody, které zásobují otopná tělesa v příslušné zóně. Stejný princip se využívá v polyfunkčních objektech, kde v jednotlivé části mají různou potřebu množství tepla nebo odlišný časový průběh odběru.

Kombinace ekvitermní regulace s termostatickými ventily

Podmínky pro místní regulaci lze zlepšovat vhodnou předregulací. Touto předregulací bývá např. ekvitermní regulace dané větve ústředního vytápění. Je-li správně navržena a seřizena, snižuje kmitání místní regulace tím, že plní všechny regulační úkoly, které jsou pro celou větev společné a na místní regulaci nechává jen ty, které jsou pro ni specifické. Protože tato ekvitermní regulace bývá kvalitativní, tj. nemění průtok, ale tepelný obsah vody, umožňuje místní regulaci pracovat s nižším teplotním spádem a tedy zvyšuje autoritu místního ventilu.

8.2 REGULACE ELEKTRICKÉHO PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Plynule regulovatelná topidla poskytují vyšší komfort oproti dvoustavové regulaci zapnuto/vypnuto. Obecně to platí přirozeně i pro elektrická topidla. Prakticky se však plynulá regulace výkonu používá zřídka. Z obecného pohledu vychází pro regulaci elektrických topných těles jako optimální regulace spínacími relé. U těchto prvků totiž nenastávají zpoždění obvyklá u termopohonů a dvoustavová regulace je při obvyklých časových konstantách elektrických topidel dostatečná.

Elektrické podlahové vytápění bývá realizováno topnými kabely, rohožemi nebo fóliemi. Vůči teplovodnímu je charakteristické nižší možnou výškou topné části podlahy a tedy i menší tepelnou setrvačností.

U elektrického podlahového vytápění závisí výběr způsobu regulace nejvíce na akumulačních schopnostech roznášecí vrstvy podlahy.

Elektrické podlahové vytápění přímotopné

Pro podlahu bez akumulčních schopností a tedy s rychlou odezvou na změnu hodnoty řídicí veličiny je vhodné použít regulaci dle prostorového termostatu umístěného at' již v referenční nebo v každé z vytápěných místností (centrální nebo místní regulace).

Přímotopné vytápění je možné dále rozdělit na :

- hlavní - termostaty s vestavěným vnitřním prostorovým senzorem
- doplňkové - termostaty s podlahovými senzory (temperování)

Elektrické podlahové vytápění akumulční

Regulace akumulčních podlah probíhá většinou ekvitermě .Z důvodů delší odezvy systému se otopná plocha do jisté míry předtopí podle externí teploty snímané venkovním čidlem. Jelikož náběh podlahového akumulčního systému bývá v intervalu 4-8 hodin, je použití ekvitermní regulace nezbytné. V kombinaci s prostorovým termostatem se pak tento systém akumulčního podlahového vytápění řízeného ekvitermě stává ekonomičtějším a efektivnějším.

Použitím akumulčního principu vytápění se do jisté míry eliminují regulační výhody spojené s použitím elektrického proudu jako zdroje. K takovéto kombinaci ovšem vedou důvody finanční a to především možnost využití nižších sazeb za dodanou elektrickou energii dle tarifů pro akumulční vytápění.

Samoregulační efekt u velkoplošného nízkoteplotního vytápění

Samoregulační efekt se v principu vyskytuje u každého topného systému. Zakládá se na tom, že předaný tepelný výkon závisí na tepelném rozdílu mezi povrchovou teplotou topné plochy a teplotou v místnosti.

Stoupající teplota v místnosti tedy předávání tepla redukuje, klesající teplota jej zvyšuje. Tento efekt je o to účinnější, o co menší je rozdíl mezi teplotou topné plochy a teplotou okolí, což je právě výsadou velkoplošných nízkoteplotních vytápění.

Specifický odevzdaný výkon topné plochy vyplývá z následujícího vztahu:

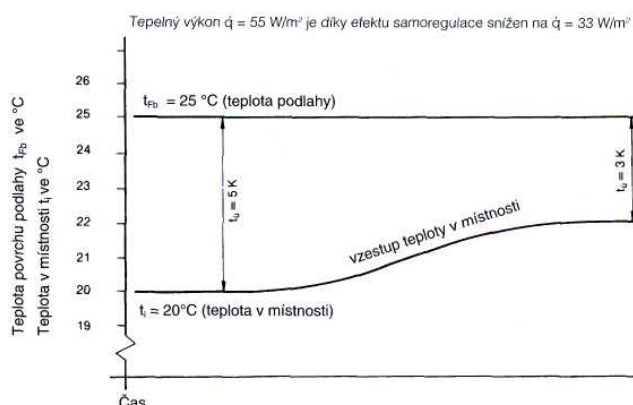
$$q_H = \alpha_{ges} (v_H - v_r)$$

q_H = tepelný výkon plochy/m²

α_{ges} = součinitel přestupu tepla

v_H = teplota v místnosti

v_r = teplota otopné plochy



Pro podlahové topení s průměrnou povrchovou teplotou 25°C tak dosahuje tento efekt maximální účinnosti. Tento efekt tedy podporuje, právě při správném nastavení regulace teploty na přívodu, účinnost regulace teploty v místnosti, nečiní ji však přebytečnou.

9 SROVNÁNÍ SYSTÉMŮ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Náklady na vytápění samy o sobě tvoří největší, a tudíž i z hlediska rozpočtu na provoz domu nejdůležitější část. Jen pro srovnání, náklady na vytápění tvoří zhruba 66 % veškerých nákladů na energii domu. Náklady na pořízení a volbu druhu podlahového vytápění ovlivňují zejména dvě věci. První je druh použitého zdroje, respektive paliva a druhá komfort který po vytápění požadujeme.

9.1 ELEKTRICKÉ PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

U elektrického podlahového vytápění je volba jednoduchá. Zdrojem pro tento typ podlahového vytápění je elektrický proud. Samozřejmostí je při rozhodování o druhu vytápění pečlivé uvážení všech dalších energetických potřeb objektu, resp. domácnosti. Výhodnost realizace elektrického podlahového vytápění spočívá zejména v tom, že pro něj existují speciální sazby neboli tarify poskytované rozvodnými závody (např. D45 D46 - podle velikosti jističe). Skladba sazby je zpravidla 4:20, to znamená, že 4 hodiny během dne je elektrická energie dodávána ve vysokém tarifu a 20 hodin v nízkém (u sazby D45 je to 3,60/1,00 Kč/kWh). Navíc je tato sazba společná i pro ostatní domácí spotřebiče. Pro elektrické vytápění se rozhodujeme tehdy, je-li většina dalších domácích spotřebičů elektrických a pořízení jiného systému by vyšlo z různých důvodů investičně velmi drahé.

Realizace elektrického podlahového vytápění je investičně levnější než například pořízení teplovodního. Instalaci elektrického podlahového topení se však zbavujeme možnosti využít přestupu na jiný druh paliva pro zdroj tepla v případě nepříznivého vývoje cen elektrické energie. Provozní náklady, zejména ty budoucí jsou však velmi závislé na cenové politice vývoje právě sazeb za dodanou elektrickou energii. V současné době se u nízkoenergetických objektů paradoxně posouvá těžiště výhodnosti použití jednotlivých tarifů v poměru k investičním nákladům k přímotopu. Z předchozího vyplývá, že naše rozhodnutí bude směřovat u elektrického vytápění pouze k volbě typu. Rozhodovat se můžeme mezi akumulacím, poloakumulacím či přímotopným. Provoz akumulčního systému je v současnosti o cca 1/3 dražší než provoz přímotopu.

Elektrické vytápění je technologicky i stavebně čistší, snáze regulovatelnější a náběh teplotní křivky je rychlejší. Díky tomu poskytuje i určitý lepší tepelný komfort i komfort v ovládání než teplovodní podlahové vytápění. Z tohoto pohledu získává elektrické vytápění s nízkou prvotní investicí, prakticky nulovými náklady na údržbu a opravy, přesnou a levnou regulací, další impuls rozvoje.

9.2 TEPLOVODNÍ PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Zde je možnost využití různých zdrojů velice široká. Vzhledem k tomu, že většina výrobců podlahového topení se shodnou kvalitou v provedení otopného systému se s cenou nachází v intervalu od 800-1100 Kč za m², posouvá se otázka finančních nákladů spíše ke zdroji a použitému palivu. K položenému trubnímu systému se dá připojit prakticky každý ze známých zdrojů tepla a to na přímo či přes výměník, nebo akumulční nádobu. Rozhodování se děje prakticky mezi dvěma póly. Uživatelským komfortem a náklady na jeho dosažení.. Existují kombinace vhodné a méně vhodné. Opět platí „peníze až na prvním místě“. Určitá analogie se nabízí ve srovnání s kvalitou automobilu jež si uživatel pořizuje a vyžaduje od něj jistý komfort za cenu, kterou je ochoten investovat do jeho pořízení a provozu. Stejně tak i od systému vytápění můžeme chtít tolik, kolik mu dovolíme aby uměl.

To ale neznamená, že se méně finančně a více provozně nákladný systém uživatel nenaučí užívat tak, aby jeho chování jako spotřebitele vedlo k efektivnímu a ekonomickému

provozování systému vytápění jenž má k dispozici. Naopak, sebedokonalejší systém nezaručí vždy efektivní využívání ze strany uživatele. Pokud se uživatel rozhodne pro dům s nízkou potřebou tepla a náročným systémem vytápění, měl by být dobře informován o důsledcích jiného způsobu užívání, než předpokládal projekt, i o možnostech pozdějších zásahů. Vždyť shodným modelem automobilu také někdo ujede 100 km se spotřebou 6, jiný 9 litrů benzínu! V tomto případě závisí opravdu více na přístupu provozovatele.

9.2.1 BIOMASA

Pokud je uživatel majitelem lesa a přísun palivového dříví pro něj nebude problém, zřejmě nezvolí vytápění tepelným čerpadlem. V takovém případě, pokud se rozhodne instalovat si podlahové topení, využije zřejmě jako zdroj některý z kotlů na biomasu, po stránce finanční pro něj nejvíce výhodný, ať se týká počátečních investic či budoucích provozních nákladů. Kombinace biomasového kotle s podlahovkou není z hlediska komfortu i funkčnosti příliš zdařilá. Z technického hlediska je zdroj na biomasu pro malé nízkoenergetické objekty nepříliš vhodný, neboť ve větší míře než u spalování plynu zde vznikají problémy s požadavky na malé výkony. Navíc u zdrojů na biomasu nelze zatím počítat s nízkoteplotními zdroji, a tak je z hlediska technického nutno řešit ochranu zdroje před nízkoteplotní korozí a je tedy nutné použití akumulace tepla do zásobníku. Při přímém napojení by docházelo k nadměrnému přetápění objektu a tím pádem k neekonomickému provozu. Určité obtíže může způsobovat také manipulace s palivem. Snížený komfort, ať se týká regulace či nutnosti obsluhy kotle je ale vykoupen doposud velmi příznivou cenou paliva a tedy nízkými provozními náklady.

9.2.2 PLYN

Rozvoj zdrojů využívajících jako palivo zemní plyn doznal v poslední době velkého rozmachu. Na trhu se objevuje mnoho výrobců, kteří již do svého sortimentu zařadili pro podlahové vytápění moderní kondenzační kotle. Kondenzační kotel jako zdroj nízkopotenciálního tepla je velmi vhodným řešením pro novostavby či rekonstrukce celých vytápěcích systémů. Klasický plynový kotel se pro podlahové vytápění jenž má mít na vytváření tepelné pohody objektu dominantní vliv příliš nedoporučuje. V případě pouze připojení podlahového vytápění ke stávajícímu zdroji pracujícímu s vyššími tepelnými spády, než je tomu u podlahového systému, je nutné na zpětnou větev podlahového topení instalovat omezovač průtoku vratné vody s bezpečnostním čidlem proti překročení přípustné teploty topné vody. Vhodné je zařadit do systému míchání na směšovací armatury a akumulární nádrž pro zlepšení provozní účinnosti zdroje. I tak jsou v těchto případech tradiční zdroje pro rodinné domky s výkony 12 kW a nízkou schopností regulace z hlediska vytápění předimenzovány a pracují v režimu, který může způsobit nízkou účinnost zdroje a efekt snížení potřeby energie zařazením podlahového topení může být znehodnocen zvýšenou spotřebou energie zdrojem. Pořizovací cena kondenzačního kotle je vyšší než u klasického plynového kotle, avšak snížení provozních nákladů tuto investici může v řádu roků vynahradit. Děje se tak díky tomu, že nízkoteplotní kondenzační kotel spolupracuje s nízkoteplotním otopným tělesem v optimálních režimech.

9.2.3 ELEKTROKOTEL

Provozní náklady elektrokotle jsou tak vysoké, že instalovat jej jako samostatný zdroj tepla pro pokrytí ztrát objektu by bylo velmi neekonomické. Elektrokotel možno použít zpravidla jen jako bivalentní - alternativní zdroj nejčastěji v kombinaci s tepelným čerpadlem, jelikož pro tepelné čerpadlo jako elektrický spotřebič platí výhodné sazby (např. D55 – 2 hodiny ve vysokém tarifu 3,62 Kč/kWh a 22 hodin v nízkém tarifu 0,98 Kč/kWh), které jsou využitelné i pro ostatní elektrické spotřebiče a činí tak provoz elektrokotle provozně přijatelnějším.

Elektrokotel fakticky zabezpečuje pokrytí části nebo celé potřeby tepla buď zdrojem tepla na elektřinu nebo jiným zdrojem, přičemž elektřinou je kryta potřeba tepla do určité venkovní teploty (např. el. tepelným čerpadlem) anebo potřeba tepla pro určité časové období (el. ohřev vody v mimotopné sezóně, el. vytápění v přechodném období topné sezóny při odstavení ústředního zdroje na jiné palivo).

9.2.4 TEPELNÉ ČERPADLO

Tepelné čerpadlo jako nízkopotenciální zdroj v kombinaci s podlahovým vytápěním je finančně nejnáročnějším investičním řešením zabezpečení tepelné pohody objektu. Provozní náklady jsou oproti jiným zdrojům (plyn, elektřina přímotop/akumulace, uhlí) o mnoho nižší. Efektivně pracující systém je vždy doplněn akumulátorem tepla – vyrovnávací akumulací nádrží, která umožní čerpadlu pracovat v delších cyklech v konstantních podmínkách. V ekonomicky efektivním systému tepelné čerpadlo většinou nekryje obvykle celý topný výkon při nejnižších teplotách venkovního vzduchu. Toto tzv. monovalentní provedení by bylo zbytečně předimenzované. V chladnějších měsících s teplotami pod teplotou bivalence (kolem 0° až -5°C) tepelné čerpadlo dodává pouze část potřebného tepla, zbytek tepla je vyráběn jiným zdrojem (kotel na elektřinu, plyn, pevná, kapalná paliva,...). Tento provoz je nazýván jako bivalentní. Doba trvání velkých mrazů je v topném období velmi krátká, proto se bivalentní zdroj podílí na spotřebě energie jen asi 1/10 celkové potřeby tepla. Přes všechna pozitiva vytápění pomocí tepelných čerpadel, ať již to je využívání nízkopotenciálních zdrojů či komfortnost provedení, obsluhy a regulace, je nutné konstatovat, že návratnost vložených investic do tohoto systému se pohybuje většinou v intervalu 15-30 let.

9.2.5 SOLÁRNÍ OHŘEV

Solární dohřev pomocí energie ze slunce získávané prostřednictvím solárních kolektorů se kromě využití pro ohřev TUV dá uplatnit také pro vytápění nízkoteplotních soustav. Použijeme-li jednoduché deskové solární kolektory, je vhodné tepelnou energii akumulovat v teplotně stratifikovaném zásobníku a zvolit co nejnižší teplotu otopné vody. Se snižující se teplotou topné vody avšak při pokrytí co největšího podílu tepelných ztrát objektu, roste efektivita celého systému a zlepšuje návratnost investice. Pro zajištění maximální účinnosti celého systému je nutné nalézt správnou kombinaci typu kolektoru, akumulátoru tepla a teplotních parametrů otopné soustavy.

Kromě jednoduchých deskových kolektorů existují též kolektory (většinou vakuové), které pracují i s vyššími teplotami. Jsou však pro případ podlahového vytápění méně zajímavé.

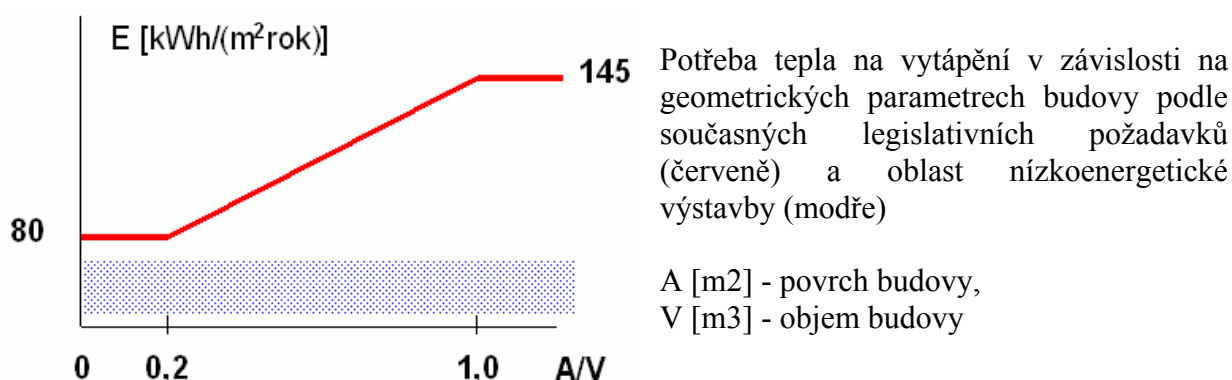
Stejně jako pro tepelná čerpadla, platí i pro systémy se slunečními kolektory, že současná pořizovací cena je stále velice vysoká. V minulosti se pohybovala dokonce tak vysoko, že použití slunečních kolektorů bylo určitou prestižní záležitostí anebo k jejich realizaci došlo zejména v rámci různých experimentálních projektů. Trend cen v této oblasti má však sestupný charakter a není vyloučeno, že se v blízké budoucnosti s aplikací solárních panelů a tepelných čerpadel budeme setkávat čím dál častěji.

10 POUŽITÍ PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ V NÍZKOENERGETICKÝCH DOMECH

10.1 DEFINICE NÍZKOENERGETICKÉHO DOMU

Jako **nízkoenergetické** bývají označovány vytápěné budovy, u kterých potřeba tepla na vytápění stanovená některým ze standardizovaných výpočtů a vztažená na 1 m^2 podlahové plochy vytápěné části nepřekračuje $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Takového cíle, před léty považovaného za velmi ambiciózní, se dosahuje kombinací v podstatě běžných opatření během projektové přípravy. Ukazuje se, že v řadě situací je možné a zpravidla i výhodné dosahovat hodnot ještě výrazně nižších.

Specifickou kategorii tvoří jak známo **pasivní domy** (do $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$), případně **kvazi-nulové domy** (potřeba se blíží k nule, uvažuje se zpravidla do $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$). Čím níže půjdeme v deklarované potřebě tepla na vytápění, tím více je třeba uvažovat v širších souvislostech a také věnovat mimořádnou pozornost kvalitě skutečného provedení.



Je vhodné navrhovat takové řešení budovy, aby bylo požadavku nízké energetické náročnosti dosahováno efektivně, tedy zejména s nízkou investiční náročností a s malou zátěží životního prostředí po celý životní cyklus budovy. Výsledné energetické vlastnosti budovy podle lze zpravidla nejlépe ovlivnit při vytváření celkové koncepce v přípravné fázi projektu, zejména dobrou koordinací s koncepcí nosné funkce, vytápění a osvětlení budovy. Taková koncepce by měla být charakterizována mj. vyvážeností objemového a konstrukčně technologického řešení všech prostorů a konstrukcí při nejnižší energetické náročnosti budovy.

Norma ČSN 73 0540:2

V normě jsou uvedeny základní požadavky na konstrukce ve formě součinitelů prostupu tepla (Tab.1). Hodnoty jsou nastaveny relativně přísně, v souladu s předními evropskými zeměmi. Uvádí se dvojí hodnoty - požadované a doporučené. Tento přístup může napomoci v orientaci všem účastníkům procesu výstavby, ukazuje jak povinné minimální splnění požadavku, tak tendence dalšího vývoje. Poslouží i uvědomělému investorovi, který má z jakýchkoliv důvodů zájem "chovat se lépe než je obvyklé".

Stavební konstrukce		součinitel prostupu tepla U [W/(m²K)]		
		hodnota požadovaná	hodnota doporučená	hodnota doporučená pro nízkoenergetické domy
plochá střecha	lehká	0,24	0,16	0,12
	šikmá střecha < 45°	těžká	0,30	
obvodová stěna	lehká	0,30	0,20	0,15
	šikmá střecha > 45°	těžká	0,38*	
okna	nová	1,80**	1,2	1,2 - 0,8
	repase	2,0	1,35	
* 0,46 pro jednovrstvé zdivo do 31.12.2004, ** 2,0 do 31.12.2003				

Vybrané základní požadavky a doporučení z ČSN 73 0540:2

Budeme-li navrhovat budovu s potřebou tepla mezi 15 - 50 kWh/(m²rok), můžeme využít řady výše uvedených principů pro návrh nízkoenergetických domů, s tím, že podle konkrétních podmínek slevíme z přísnosti požadavku na hodnotu součinitele tepla u jednotlivých konstrukcí. V první řadě se to bude zřejmě týkat prosklených konstrukcí, kde se můžeme spokojit s $U \leq 1,2 - 1,4$ W/(m²K), tedy vlastně okny zcela běžnými. Vodítkem pro neprůsvitné konstrukce mohou být hodnoty doporučené podle ČSN 73 0540:2 (2002).

Nízkoenergetické stavění se v posledních letech postupně přesouvá z etapy experimentování do etapy standardizovaných řešení. Vodítkem se může kromě jiných publikací stát norma ČSN 73 0540:2 (2002) [2], která v rozsáhlé informativní příloze přináší i pokyny pro navrhování budov, včetně budov s cíleně nízkou potřebou tepla na vytápění.

Díky ověřování nových konstrukčních uspořádání i dříve nemyslitelných tloušťek tepelných izolací v souvislosti s nízkoenergetickými domy může docházet k postupnému zpřísnování energetických požadavků i pro běžnou výstavbu.

10.2 VYTÁPĚNÍ NÍZKOENERGETICKÝCH DOMŮ

Požadavek vyhlášky 291/2001 Sb. pro nízkoenergetické objekty předepisuje splnění maximální měrné spotřeby energie na vytápění budovy v závislosti na poměru povrchu ku objemu od 80 do 140 kWh/m²a, což je přibližně 1/3 stavu většiny stávajících objektů, kde se spotřeba energie na vytápění pohybuje v rozsahu 210 až 300 kWh/m²a [3].

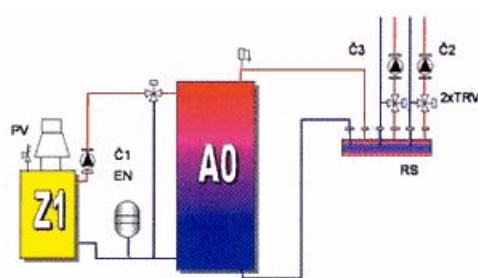
U nových staveb lze tedy počítat s měrným příkonem v rozmezí 30 až 60 W/m² vytápěné plochy, což má dopad na vytápěcí zařízení, které musí umět pracovat s podstatně menšími výkony a dodávkami tepla než tomu bylo dříve. Pro ilustraci - 4 pokojový byt o půdorysné ploše 75 m² má ve stávajících nezateplených objektech příkon 6 kW, u nově postaveného nebo zatepleného domu se příkon na celý takový byt zmenšuje na cca 2 kW.

Energeticky úsporné vytápěcí zařízení by mělo být především elastické ve všech prvcích (schopné rychle reagovat na změnu potřeby tak, aby se změna výkonu přenesla až do zdroje), s individuální regulací v jednotlivých místnostech (v každé místnosti se může měnit potřeba nezávisle na ostatních) při zachování požadavků na tepelnou pohodu.

10.2.1 TEPLOVODNÍ VYTÁPĚNÍ V NÍZKOENERGETICKÝCH DOMECH

Odlišnost od běžných systémů spočívá v podstatně nižších instalovaných výkonech otopných ploch, požadavku na pružnější změnu výkonu při nahodilých vnitřních ziscích. Požadavek na pružnější chování soustavy je dán výraznějším podílem tepelných zisků na celkové tepelné bilanci vytápěné místnosti. Redukce vlivu umístění tělesa na výsledný stav tepelné pohody je dána výrazně lepšími tepelně-technickými vlastnostmi obvodových ploch (požadavek na U hodnotu oken je u současných staveb až $1,2 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$).

Příklady řešení energetických zdrojů nízkoenergetických domů

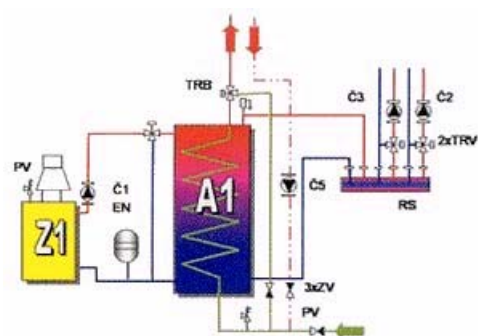


Klasický kotel, pouze vytápění

Zapojení umožňuje práci zdroje v optimálních podmínkách, přerušovaný chod zdroje s přestávkami v řádu dnů.

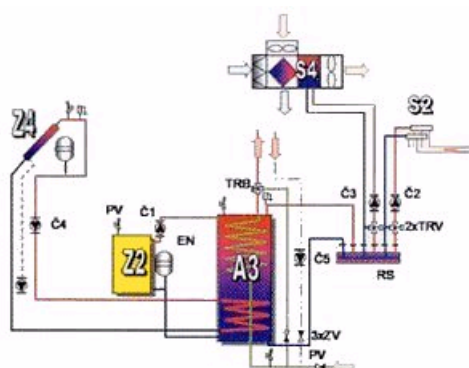
A0 - Zásobní nádrž pro vytápění

Z1 - Zdroj s minimální požadovanou teplotou vratné vody (biomasa, pevná paliva, běžný plynový kotel, kapalná paliva)



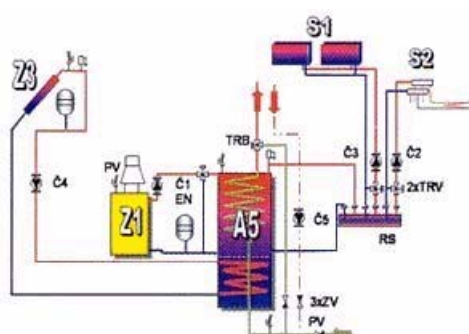
10.2.1.1.1.1.1 Klasický kotel a průtočný ohřev TUV

Zapojení umožňuje práci zdroje v optimálních podmínkách a přerušovaný chod zdroje s přestávkami v řádu dnů. Průtočný ohřev TUV je ve srovnání se zásobníkovým příznivý z hlediska stagnace TUV (nebezpečí legionell).



Bivalentní zdroj - např. kondenzační kotel v kombinaci s vysokoteplotními kolektory. Teplovzdušné větrání a nízkoteplotní vytápění, průtočný ohřev TUV

Použití vysokoteplotních kolektorů v kombinaci s nízkoteplotním zdrojem umožňuje plné využití objemu zásobníku.



Bivalentní zdroj - klasický kotel v kombinaci s nízkoteplotními kolektory. Teplovodní vytápění, průtočný ohřev TUV.

Použití teplotně stratifikovaného zásobníku umožňuje využití nízkopotenciálního tepla kolektorů k predehřevu teplé vody

- Z1 - Zdroj s minimální požadovanou teplotou vratné vody (biomasa, pevná paliva, plynový)
- Z2 - Zdroj nízkoteplotní (plynový kondenzační kotel, tepelné čerpadlo, elektrokotel)
- Z3 - Solární kolektory teplovodní
- Z4 - Solární kolektory teplovodní vysokoteplotní (vakuované, koncentrující)
- A3 - Integrovaný zásobník pro vytápění a průtočný ohřev TUV s výměníkem solárního okruhu
- A5 - Integrovaný teplotně stratifikovaný zásobník pro vytápění a průtočný ohřev TUV s výměníkem solárního okruhu
- S1 - Teplovodní otopná soustava
- S2 - Teplovodní otopná soustava nízkoteplotní
- S4 - Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací

Výše popsaná zapojení slouží pro ilustraci možných řešení zapojení otopných soustav. V žádném případě nejsou jejich konečným výčtem. Jen za zdroj bychom si do schématu mohli dosadit další varianty, například zdroje nízkopotenciální či zdroje odpadních tepel ze zemědělských a průmyslových procesů.

10.3 NÍZKOENERGETICKÉ DOMY A PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

V příloze (3) k této podkapitole je uveden výčet zajímavých demonstračních projektů zaměřených jak na výstavbu nových nízkoenergetických domů, tak i na rekonstrukce starých objektů s cílem zlepšit jejich tepelně technické vlastnosti obvodové konstrukce i systémů vytápění. Jedná se především o náhradu zastaralých horkovodních a parovodních vytápěcích systémů za soustavy nízkoteplotní. Staré otopné radiátorové okruhy jsou nahrazeny převážně podlahovými vytápěcími okruhy a dožití vysokoteplotní zdroje jsou nahrazeny nízkoteplotními zdroji, ať již klasickými (nízkozeplotní plynové kondenzační kotle, moderní elektrokotle), nebo alternativními obnovitelnými, jako jsou tepelná čerpadla a solární panely. Součástí popisu projektů je též určité ekonomické porovnání výhodnosti úprav provedených na vytápěcích systémech objektů. Tabulky odráží jak prognózy, tak i skutečný stav spotřeb před a po provedení změn.

Dosahovaná zlepšení v oblasti tepelných ztrát a spotřeb energií pro vytápění dokazují opodstatněnost rekonstrukcí zastaralých a dožívajících systémů vytápění. Použití moderních materiálů a technologií spolu s aplikací vhodné "inteligentní" regulace zlepšuje kvalitu bydlení, šetří palivové zdroje a mnohem menší měrou zatěžuje životní prostředí.

11 PROJEKT

Návrh podlahového vytápění je řešen v rámci projektu vytápění rodinného domu a byl vypracován pod vedením ing. L. Markové z firmy Havelka - Projekce. Veškeré výpočty byly prováděny výpočetní technikou za použití specializovaných programů pro návrh otopných soustav. Tento software obsahuje i technická data na trhu běžně dostupných topenářských a regulačních prvků, tudíž zadáme-li do výpočtu již na začátku námi zvolené zařízení, výsledky tuto volbu okamžitě zohlední.

Navržený systém vytápění kombinuje podlahové topení s otopnými tělesy, konvektorem a přímým zdrojem sálavého tepla (krbem). Podlahové vytápění je projektováno v prostoru 1.PP v místnostech číslo 002 (jídlna), 003 (kuchyňský kout), 004 (chodba a schodiště), 005 (předsíňka WC), 006 (WC), v 1.NP v m.č. 101 (zádveři), 102 (vstupní prostor), 104 (chodba), 106 (koupelna) a v 2.NP v m.č. 204 (koupelna). Potřeba tepla byla stanovena dle ČSN 06 0210 - Výpočet tepelných ztrát. Jako zdroj tepla je v projektu navržen plynový teplovodní nástěnný kotel s atmosférickým hořákem pro spalování zemního plynu o regulovaném výkonu 8,9 - 24 kW. Kotel již obsahuje všechny prvky vytápěcího zařízení (expanzní nádobu, oběhové čerpadlo, regulační a pojistkové prvky) a je navržen s ekvitermní regulací pro dvě topné větve. Otopná soustava je teplovodní, dvoutrubková, s nuceným oběhem vody (oba okruhy mají nainstalováno své oběhové čerpadlo), s teplotním spádem topné vody 45/35°C – pro podlahové vytápění a 75/60°C – pro otopná tělesa.

V okruhu podlahového vytápění je na přívodním potrubí vřazena trojcestná směšovací armatura, která svou funkcí udržuje teplotu výstupní vody do 50°C. Směšovací armatura je opatřena servopohonem. Současně je v okruhu podlahového vytápění umístěno propojení přívodního a vratného potrubí. Toto propojení je osazeno ručním regulačním ventilem pro trvalé zaregulování otopné vody do okruhu podlahového vytápění. Regulační armatura je nastavena tak, aby i při výpadku funkce trojcestného ventilu byla do okruhů podlahového topení přiváděna voda o teplotě do 50°C. Ventily jednotlivých okruhů podlahového topení jsou vybaveny ručními hlavicemi umožňujícími uzavření těchto okruhů. Otopná tělesa jsou vybavena ventily s termostatickými hlavicemi.

Potrubní rozvod je navržen z měděných trubek, v nejvyšším místě je odvzdušněn, v nejnižším místě jsou umístěny vypouštěcí kohouty. Rozvody potrubí v místnosti umístění kotle jsou vedeny volně podél stěn, zatímco v jednotlivých patrech jsou umístěny v podlaze, nebo v drážce ve zdi.

Výsledky výpočtů a výkresová dokumentace jsou uvedeny v příloze.

12 ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ

Obecně se dá říci, že podlahové vytápěcí systémy se hodí do těch objektů, které se vyznačují nízkou potřebou tepla pro pokrytí tepelných ztrát. Jsou to tzv. nízkoenergetické domy. Čím vyšší je poměr maximálního možného toku tepla předaného podlahou do objektu/místnosti ku tepelné ztrátě objektu/místnosti (to při dodržení hygienických předpisů týkajících se hlavně maximální povrchové teploty topené podlahy), tím větší význam na sebe podlahové topení v roli garanta tepelné pohody objektu může vzít. Právě díky omezení teplotou povrchu přeneše podlahové topení do objektu jen teplo úměrné velikosti podlahové plochy. Pokud toto teplo nestačí nastupují různé kombinace systémů. U elektrických se jedná o zařazení například přímotopných elektrických konvektorů. V případě teplovodního to mohou být větve s radiátorovými tělesy. Podlahové topení se pak stává jen jakousi bází a otopná tělesa konvekčního typu vykrývají špičky potřeb. V některých případech jde u podlahového topení jen o udržování určité “příjemné“ teploty podlahy, tedy temperování. Zatímco podlahové topení v roli “garanta“ má malou konstrukční výšku betonové mazaniny, jedná se většinou o přímotopné (elektrické) či poloakumulační (u teplovodního), je podlahové sálavé topení používáno v kombinaci s konvekčními topidly převážně akumulací. Má tedy větší tloušťku roznášecí vrstvy.

Přímotopné podlahové topení je řízeno většinou prostorovými termostaty a to z toho důvodu, že nemá velkou setrvačnost a je schopno pružněji reagovat na výkyvy v potřebě tepla. Akumulační podlahové topení je řízeno zpravidla ekvitermním regulátorem podle venkovní teploty. Ten může u složitějších systémů regulace doplňovat pokojový termostat v referenční místnosti nebo termostaty v jednotlivých místnostech. Záleží zcela na uživateli objektu jaký stupeň komfortu týkající se tepelné pohody zvolí.

V předchozím odstavci byly popsány případy, kdy náhlou zvýšenou potřebu tepla vykrývají další přidaná otopná tělesa, beroucí však teplo ze stejného zdroje. Dnes však existuje nepřeberné množství různých aplikací kombinovaných vytápěcích systému využívajících i různé zdroje tepla. Pokud se budeme orientovat pouze na oblast kombinací s podlahovými systémy, je jednou z možných aplikací kombinace teplovzdušného vytápění a podlahovky. Další kombinací může být krb či krbová vložka spolu s akumulací podlahovou plochou. Právě posledně zmiňovaný systém je z hlediska zabezpečení tepelného pohody místnosti velice vhodný a v poslední době i často realizovaný.

PŘÍLOHY :

- (1) Přehled systémů podlahového vytápění na našem trhu
- (2) Příklady využití podlahového vytápění v nízkoenergetických domech
- (3) Projekt podlahového vytápění (tabulky a výkresy)

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

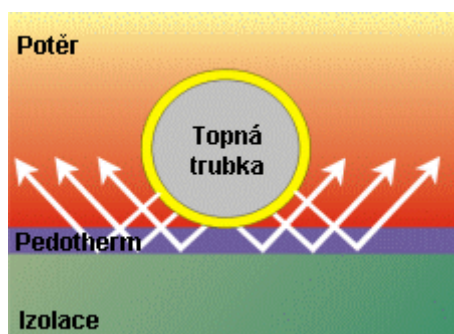
1. Příručka projektantů Siemens Building Technologies, 3 vydání leden 2001
2. Technické podklady Pedotherm ,Gabotherm, Rehau, Universa, Ekoplastik, Vailant, Devi, Giacomini, Uniterm,
3. Technické podklady Honeywell, Revel, V-systém, Thermaflex
- [3] Valenta V. a kol. Topenářská příručka, Praha : GAS, 2001
- [4] Petráš D. Nízkotelotné vykurovanie a obnoviteľné zdroje energie, Jaga Group, 2001 Bratislava
5. ČSN 73 0540:2 Tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky, ČSNI 2002
6. Vyhláška 291/2001, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách
7. ČSN EN 832 Tepelné chování budov - Výpočet potřeby tepla na vytápění - Obytné budovy
8. Firemní katalog: f. Tronic - Control, f. Danfoss, f. Etrans-energioservis
9. Publikace: Ing. Ivan Slaboch - Jednoduché spojitě regulační obvody I, II, III
- [10] HUMM, O.: Nízkoenergetické domy, Grada Publishing 1999
- [11] ŠMERÁK, V.: Energetický projekt 02. Stavební listy 1/2003, ročník IX, ISSN 1211-4790
12. ČSN EN 832 Tepelné chování budov - Výpočet potřeby energie na vytápění - Obytné budovy, ČSNI 2000
13. www.tzb.cz, www.topin.cz, www.energetik.cz, www.energ.cz, www.ainom.cz, www.etatherm.cz, www.ekoWatt.cz, www.ekis.cz, www.eis.cz
14. Webové stránky výrobců a dodvatelů podlahových vytápění

SYSTÉMY PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ NA NAŠEM TRHU

PEDOTHERM

Podlahové vytápění Pedotherm pracuje s náběhovou teplotou okruhu 30 – max. 55° C. Úspory energie tak začínají již při výrobě tepla. Topný kotel předává až o 15 % méně tepelné energie do svého okolí v důsledku ztrát vyzařováním oproti kotli pracujícímu s vysokou teplotou. Další efekt úspory vzniká při transportu tepla od kotle do místa určení tepelné energie v místnosti. Napájecí trasy, tzn. hlavní vedení od kotle k rozdělovačům topných okruhů Pedotherm jdou vždy nejpřímější cestou a jsou podstatně kratší než je tomu u přívodů k topným tělesům

Popisovaný systém využívá plastových trubek k rozvodu topné vody. Tento systém má řadu výhod jak z hledisek mechanických tak tepelných. Použité plasty mají vysokou chemickou odolnost -nepodléhají korozi, zabraňují průniku kyslíku do topné vody. Materiály jsou odolné vůči mechanickému poškození, které může způsobit hrubozrnný potěr. Plastové trubky jsou současně pružné i pevné, dají se snadno ohýbat bez vzniku nežádoucích pnutí, snadno se pokládají.



Pro zvýšení účinnosti podlahového vytápění je možné využít odrazné fólie umístěné pod podlahovým topením. Tak se omezí tepelné proudění dolů ve směru tepelné izolace a tepelný tok se odrazí přesně tam, kde přestupuje z topného potěru do tepelné izolace. Například speciální plnoplošně pod topným potěrem umístěná tepelná reflexní fólie Pedotherm vyzařuje zpět až 9% nevyužitého tepelného toku.

PedothermStar tepelná reflexní fólie

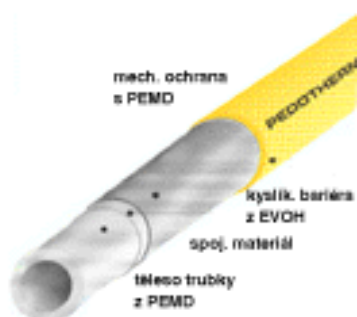
PedothermStar tepelná reflexní fólie, je základem Pedotherm mokrého systému. Vyvinuta jako fólie pro úsporu energie dosahuje značného podílu na bezprostředním zpětném získávání tepelných ztrát. Úlohou je zachytit aspoň část nevyužitého tepelného proudění směrem dolů, získat je zpět a dát je znovu k dispozici do topného potěru. Pedotherm vyvinul speciální vícevrstvou kombinaci z reflexní vrstvy a distanční, infračervené záření odrážející vrstvy, které bylo možné sloučit do pouze 180 mikronu silné PedothermStar fólie. Ta se umístí mezi topný potěr a tepelnou izolaci a snižuje tepelné ztráty přesně tam, kde vznikají, v přechodové oblasti z aktivního užitného tepla do pasivního ztrátového tepla.

Výhody tepelné reflexní fólie PedothermStar

- o 9 % vyšší přenos tepla z podlahy

- o 25 % kratší doba zátopy - rovnoměrná povrchová teplota podlahy, bez teplotních špiček a poklesů
- značná úspora energie v důsledku nižší teploty náběhového okruhu
- možnost pokládat na libovolnou izolaci

Pedotherm TwinSkin – trubky



Trubky podlahového topení se vyrábějí z Dowlex 2343e a překonávají požadavky na plastové trubky jako potrubí pro rozvod podlahového vytápění s topnou vodou. Trubky TwinSkin z materiálu Dowlex 2343e (PE-MD) se vyrábějí v rozměrech 18 x 2 mm. "TwinSkin" znamená dvojitý povrch plastových trubek Pedotherm. Dvojitou výrobní metodou se základní trubka extruduje na vícevrstevné spojení. Prvním povrchem je uzávěrka kyslíku z EVOH podle DIN 4726 jako blokování proti difuzi kyslíku. Obvyklé plastové trubky s uzávěrkou kyslíku dosahují v tomto výrobním stupni již svého konečného stavu. Trubky Pedotherm "TwinSkin" dostávají ve druhém stupni přídatný žlutý ochranný povrch, který zamezuje bezprostřednímu kontaktu mezi vysoce citlivou kyslíkovou uzávěrkou a hrubozrnným potěrem.

Vlastnosti trubky Twin skin:

- 100 % bezpečnost vůči korozi
- možnost pokládání bez pnutí d důsledku vysoké flexibility
- extrémně dobrá houževnatost za studena a vrubová houževnatost
- vynikající chování při dlouhodobých vnitřních tlacích
- teplotní odolnost do +95°C - velmi dobrá tepelná vodivost

MOŽNOSTI REALIZACE PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ PEDOTHERM

1) Podložka s výstupky



Každé pokládání začíná instalací okrajového izolačního pruhu. Okrajový izolační pruh musí být položen, umístěn a upevněn po celém obvodu stěn místnosti, pilířích, dveřních zárubních, šachtách, odpadech v podlaze i na skříni rozváděče tak, aby se zabránilo splývání. Poté lze položit podložku s výstupky tak, aby pruh s podložkou tvořily jeden celek. Při spojování jednotlivých kusů podložky je třeba dbát na dodržení stále stejné vzdálenosti a uspořádání výstupků. Topná trubka se pak prostě přímo z balíku vtlačí nohou mezi přídržovací výstupky. V místech ohýbání trubek je potřeba dbát na to, aby výstupky trubku opravdu pevně přidržovaly. Zejména v případech malých poloměrů ohybu.

2) Systém nosné rohoře

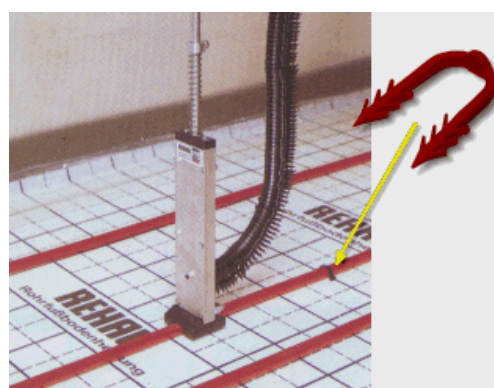


Po instalaci okrajového izolačního pruhu se položí potřebná tepelná a / nebo zvuková izolace. Na to se položí krycí fólie a poté se pak pokládají nosné rohože. V souladu s plánovanou pokládací vzdáleností se pak připevňují pomocí instalační hůlky otočné úchyty. V praxi se osvědčilo instalovat nejprve úchyty pro přívodní potrubí ve dvojnásobné vzdálenosti trubek a pak úchyty pro vratné potrubí plánované vzdálenosti trubek.

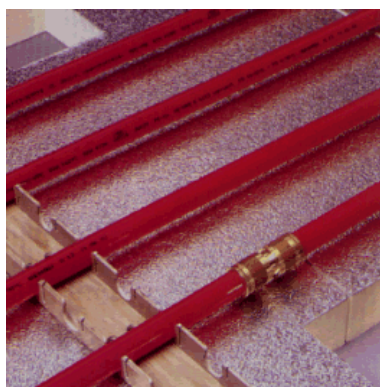
3) Systém příchytne desky

Po instalaci okrajového izolačního pruhu u všech stěn, dveřních zárubní a jiných stavebních prvků, se pak pokládají desky nebo pásy izolace.

Podle instalačního plánu se nyní pokládají trubky a to od rozváděče. U systému příchytne desky může instalace v zásadě probíhat dvěma způsoby-ve tvaru spirály nebo meandrů. Trubka se na izolační desku připevní pomocí přidržovacích hřebíčků, které se zatlačí do izolační desky pomocí instalačního nářadí (hůlky) ve vzdálenosti cca 0,3m od sebe.



4) Systém instalačních lišt



Po instalaci okrajového izolačního pruhu se nejprve položí přídatná izolace podle požadavků vyhlášky o tepelné ochraně a na to se umístí krycí fólie. U tohoto systému se doporučuje kladení trubek za tepla. Pokládání za tepla znamená, že topné trubky se při pokládání zahřejí, nejlépe vodou o teplotě 50-60°C. Při zahřívání se balík trubek připojí k rozváděči (musí být již hotová instalace kotelny) a z kotle se zahřeje. Po dosažení pokládací teploty se trubka začne pokládat podle instalačního plánu, začíná se pokud možno u vnější stěny. Lišty se k sobě připevňují ve vzdálenosti jednoho metru na izolaci a krycí fólii.

SUCHÝ SYSTÉM PEDOTERM T

Oblast použití

Suchý systém T je vhodný pro vytápění obytných a nebytových budov.

Pro suchý systém T jsou vhodné všechny podlahové krytiny, jako dlaždice, parkety, koberce a plastové krytiny.

Renovace starých objektů

Suchý systém T byl vyvinutý zejména pro použití při renovaci starých objektů. U suchého systému T se přednosti moderního podlahového vytápění uplatňují také ve starých objektech. V první řadě jde o nízkou výšku konstrukce cca 65 mm a nízkou vlastní hmotnost vytápěcího systému. Proto se suché potěry obvykle používají na zhotovení rozdělovacích vrstev zatížení a teploty nad vytápěcím systémem. Při montáži suchého systému T na dřevěné trámové stropy nebo staré obklady je třeba, zejména ve spojení se suchými potěrovými deskami, dbát na rovnost podkladu. Při nedostatečné rovnosti se vyžaduje vyrovnávací vrstva.

Půdní vestavby a novostavby

Suchý systém T je svými spodními těsníci konstrukcemi také vhodný pro novostavby. Při aplikaci je nutné dbát na kvalitu tepelné a zvukové izolace. V novostavbách se jako vrstvy rozdělující zatížení a teploty nad vytápěcím systémem obvykle používají mokré potěry na bázi anhydritu nebo cementu. Suché potěrové desky je možné používat i v novostavbách. Narozdíl od mokrého potěru se dosáhne zkrácení doby výstavby o víc než 3 týdny.

Komponenty suchého systému Pedoterm T

Vytápěcí potrubí PE-Xc

Plastové potrubí zesílené svazkem elektronů má rozměr 18 x 2 mm a nepropouští kyslík.

Rozvodná lamela tepla

Kovové lamely z pozinkovaného ocelového plechu slouží jako rozvod tepla a rozdělení zatížení. Na horní straně těsnícího prvku jsou stlačené do speciálního profilu.

Univerzální profilovaný prvek

Těsnící prvek je ze zpěněného polystyrenu. Spoje jsou vytvořené stupňovitými ohyby. Dodatečné dráhové a čepové spoje zaručují pevné spojení desek. Formát desek 50 x 100 x 4 cm. Univerzální profilovaný prvek sjednocuje prvky čela, ohybu a zatížení. Tím se zkracuje montáž v jakékoliv možné prostorové geometrii

Krycí plech

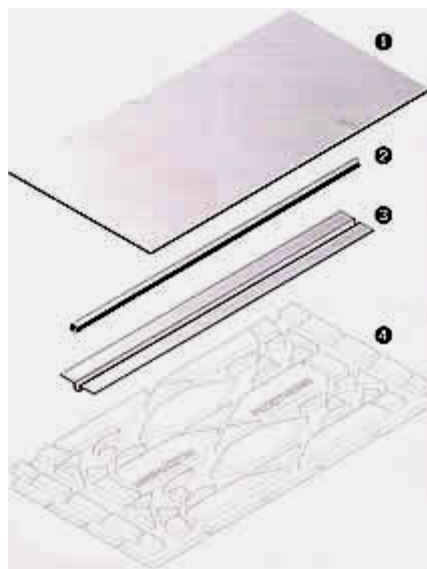
Krycí plech se klade na okraje, na zabezpečení dodatečného rozvodu tepla a rozdělení zatížení.

Krycí fólie

Před nanesením vytápěcího potěru se vytápěcí plocha přikryje PE fólií. Kryt je silný 0,2 mm a klade se s přesahem 80 mm. Překrytí umožňuje výběr rozdělovací vrstvy zatížení.

Okrajová páska

Okrajová těsnící páska vytváří mezi rozdělující vrstvou zatížení a přečnívajícími stavebními prvky okrajovou spáru. Tím se zabezpečí zvukové oddělení mezi rozdělující vrstvou zatížení a stěnami. Okrajová páska kromě toho také zachytává tepelnou roztažnost potěru. Okrajová těsnící páska musí mít stlačitelnost 5 mm.



GABOTHERM

Systémy **gabotherm** představují nejmodernější, nejkomplexnější a nejspolehlivější řešení vytápění a rozvodů teplé a studené vody. Jako základní stavební prvek používají plastovou polybutenovou trubku s kyslíkovou bariérou. Tento plastový materiál nejlépe vyhovuje všem požadavkům na kvalitu a bezpečnost: je spolehlivý, protože je pevný a zároveň pružný a ohebný. Jeho velkou předností je absolutní odolnost vůči korozi a velká schopnost tlumení hluku v rozvodech. Rychlá a jednoduchá montáž i komplexní sortiment prvků a způsob jejich připojení snižují náklady během stavby, či rekonstrukce budovy. Originální lisovací technologie **gabopress** vytváří těsné spoje jednoduchým a rychlým způsobem. Je použitelná při montáži všech systémů **gabotherm**, snižuje jejich cenu a nároky na montážní nářadí.

Záruka: Na všechny rozvody gabotherm poskytujeme záruku 10 let.

Systém podlahového vytápění **gabotherm 1•2•3** je určený k přímému zalití betonovým potěrem. Základ tvoří systémová deska **1•2•3**, která zabezpečuje rychlou montáž pro niž jsou zapotřebí jen dva úkony: položení systémových desek a položení trubek. Systémová deska v sobě integruje funkci tepelné izolace, izolace proti kročejovému hluku a bariéry proti pronikání vlhkosti.



Fólie proti pronikání vlhkosti do tepelné izolace je vybavena výstupky, které mají funkci úchytek pro trubky. Na horních stranách výstupků se nacházejí výčnělky proti zpětnému vytažení, které zaručují pevné držení trubky. Před zalitím trubek se do potěru přidává plastifikační prostředek gabotherm, který zlepšuje tekutost potěru a zvyšuje pevnost v tlaku a pevnost v tahu při ohybu. Sniženým obsahem vzduchových pórů se zlepšuje tepelná vodivost potěru. Horní hrana výstupků přidržujících trubky, leží nad horním povrchem trubky. Díky tomu je ještě před zalitím betonovým potěrem trubka při chůzi po nainstalovaném systému chráněna a není vystavena namáhání jako provozní plocha. To je další příspěvek k zajištění ochrany trubky před mechanickým poškozením.



Podle předpisů přísné německé normy DIN 4725 se trubky mohou od projektované vzdálenosti pokládání odchylovat v horizontálním směru maximálně 10 mm a ve vertikálním jen 5 mm, aby mohlo být zaručeno rovnoměrné předávání tepla. To je u běžných systémů (kladení trubek na nosné rohože s trubkovými úchytkami nebo se systémem Tacker) dosažitelné jen při fixační vzdálenosti trubek 50 cm. U těchto systémů to znamená značné materiálové a mzdové náklady navíc. Tyto

speciální požadavky plní naše systémová deska **gabotherm® 1•2•3** automaticky na základě svého originálního provedení s výstupky. Systémovou desku **gabotherm® 1•2•3** s tvrdou svrchní vrstvou a jádrem z tvrdé pěny lze velmi snadno bez prořezů zpracovávat krájecím nožem. Trubky mohou být do této desky ukládány s rozstupem 7,5 cm a jeho násobky.

Na trh jsou dodávány dva druhy systémových desek, které se používají v závislosti na pracovním zatížení:

- při pracovním zatížení do 500 kg/m² u obytných a administrativních budov deska 35/32
- při pracovním zatížení do 7 500 kg/m² u průmyslových staveb (např. autosalony) deska 10

Pro správnou funkci, životnost a užitnou hodnotu teplovodního podlahového vytápění je kromě podkladové systémové desky důležitý výběr kvalitní topné trubky. Jako nejkvalitnější plastový rozvod, který podlahové vytápění **gabotherm[®] 1•2•3** používá je polybutenová trubka s kyslíkovou bariérou. Pro systém **gabotherm[®] 1•2•3** byla vyvinuta nová trubka **gabomax[®] 15** x 1,5 mm nezaměnitelné oranžové barvy. Trubka **gabomax[®] 15** x 1,5 mm má vzhledem k nepatrné tloušťce stěny podstatně větší ohebnost / pružnost a současně má stejný průtok jako dosavadní trubka 16 x 2 mm.

Při použití nové trubky **gabomax[®]** systém **gabotherm[®] 1•2•3** umožňuje pokládání trubek téměř bez použití nářadí vysokou rychlostí. Systémovou desku a svrchní tvrdou fólii stačí nařezat nožem na koberce, položit novou trubku **gabomax[®]**, na rozdělovací stanici zasunout trubku do násuvných spojek a vše je hotovo. Díky vynikající pružnosti trubky **gabomax[®]** se trubky lehce pokládají i při minimálních teplotách na staveništi.



Přehled základních charakteristik polybutenových trubek:

- vysoká pružnost zaručuje velmi příznivé podmínky pro zpracování trubek při nižších teplotách (okolo bodu mrazu),
- nejlepší časová odolnost z plastových materiálů, tzn. při stejném průměru trubek, životnosti 50 let a při teplotě 95°C nejvyšší bezpečnostní faktor,
- zachování mechanických vlastností i při stálé teplotě 90°C a tlaku 0,4 MPa,
- příznivá charakteristika tečení umožňuje použití jak svěrných, tak lisovaných spojů (gabopress),
- kyslíková bariéra zabraňuje pronikání kyslíku do rozvodů,
- výhodný poměr kvalita/ cena.

REHAU

Systém podlahového a stěnového vytápění REHAU lze použít při vysokých venkovních teplotách i k chlazení. Systémy REHAU jsou kromě standardních zdrojů tepla ideálně kombinovatelné také s kondenzačními kotli, tepelnými čerpadly nebo slunečními kolektory. Systém podlahového topení REHAU je vhodný pro všechny typy podlahových krytin: parkety, umělohmotné krytiny, keramické dlaždice, mramor, koberec i další

Základem systému je vynikající topná trubka RAUTHERM S ze zesíťovaného polyethylenu PE-Xa. Pomocí zesíťování dochází k vylepšení již tak dobrých vlastností PE, zejména se to týká teplotní a tlakové odolnosti, odolnosti proti vzniku trhlin a rázové houževnatosti při nízkých teplotách. Koextrudovaná závěrná vrstva pro kyslík je z etylvinylalkoholu (EVAL), polymeru s nejvyšším závěrným účinkem. Adhezní vrstvou mezi základní trubicí a závěrnou vrstvou je dosaženo pevného přilnutí. Co se týká pevnosti proti oděru má vrstva EVAL vysoké rezervy a je proto schopna odolat i těm nejtvrdějším podmínkám na staveništi.

DRUHY POKLÁDKY

REHAU nabízí 5 různých druhů pokládky našeho systému podlahového vytápění

1) Systémová deska VARIO



Instalace podlahového vytápění REHAU na systémovou desku je nejběžnější a nejvíce používaná varianta.

Systémová deska Vario je z polystyrénové pěny a splňuje požadavky na izolační materiály pro tepelnou izolaci. Optimálně umístěné výstupky na desce umožňují extrémně flexibilní vedení trubek a tím i bezproblémovou instalaci v místnostech se sloupky, šikmými stěnami či výstupky a arkýři. Systémová deska je po okraji vybavena obvodovou drážkou, díky které jsou jednotlivé systémové desky navzájem bezpečně a těsně spojeny.

Výška systémové desky včetně výstupků je 46 mm. Celková výška i s betonovou mazaninou při pokládce trubky RAUTHERM S o průměru 17 je pak 85 mm. Tloušťka izolační vrstvy pod topnou trubicí je 23 mm.

2) Systém Mini

Tento druh pokládky REHAU podlahového vytápění lze použít především tam, kde jsou požadavky na minimální navýšení podlahy v místnosti. U této desky je používána topná trubka RAUTHERM S o rozměru 12x2,0 mm. Tato systémová deska je upravena tepelným šokem

Výška systémové desky Mini včetně výstupků je 26 mm. Celková výška i s betonovou mazaninou je pak 56 mm. Ke splnění požadavků na snížení výšky mazaniny musí být ke zhotovení betonové mazaniny použity speciální přísady: plastifikátor Mini a umělohmotná vlákna.

3) Systém kari síť

Možná rozteč pokládky trubek je od 5 do 30 cm. Nosná rohož REHAU je pokládána přímo na krycí fólii REHAU. Díky přiléhající kari síti je krycí fólie dobře chráněna před poškozením, nedochází k žádnému pronikání vody a betonové mazaniny. Pokládka je v oblasti okrajových ok prováděna přeplátovaně.

Přednosti :

- univerzálně použitelný, nezávislý na zvolené izolaci
- při použití izolace PUR vhodný pro oblasti s vysokou zátěží
- velmi rychlá pokládka



4) Systém vodící lišta

Tento druh pokládky doporučujeme použít pro velké objekty. RAUFIX-vodící lišta má délku 1m, dá se však neomezeně prodlužovat. Háčky na spodní straně lišty zajišťují pevné uchycení lišty v přídatné izolaci. Předtvarované násuvné spoje umožňují spojení lišt bez nutnosti použít nářadí. Klipová svorka na vrchní straně lišty zamezuje zvednutí trubek.



Přednosti :

- pevná fixace trubek
- montáž lišt bez použití nářadí
- jednoduchá montáž
- možno použít trubky RAUTHERM S – 14, 16, 17 a 20 mm

5) Suchý systém

Suchý systém podlahového vytápění REHAU umožňuje instalaci podlahového vytápění na stavební konstrukce, kde z důvodu statiky by nebylo možné realizovat podlahové vytápění klasickou technologií tj. s betonovou mazaninou.

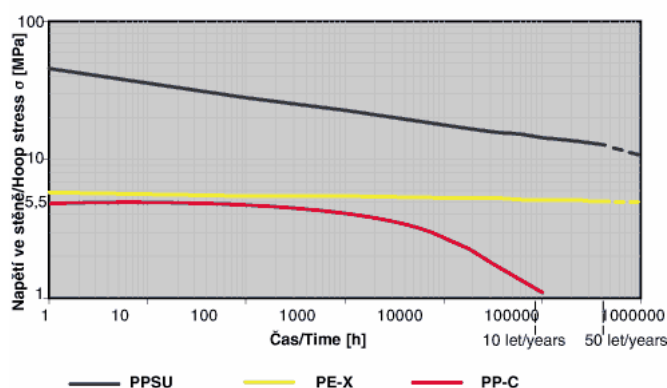
Základem jsou systémové pokládací desky REHAU s nakaširovanými roznášecími hliníkovými plechy. Tyto desky umožňují instalaci trubek v rozteči 12,5 a 25 cm. Na deskách REHAU jsou proti jiným systémům, které používají pozinkované plechy, použity hliníkové plechy. Další předností je skutečnost, že teplovodné plechy vyplní v podstatě celou užitou plochu podlahového vytápění a odpadá tak potřeba instalace překrývacích plechů. Napojení se uskutečňuje na osvědčené rozdělovače HKV. Tento systém nalézá pozitivní ohlas všude tam, kde na jedné straně je požadavek na podlahové vytápění a současně jsou určitá stavebně technická omezení.

Suchý způsob instalace podlahového vytápění přináší celou řadu výhod :

- rychlost pokládky bez nebezpečí poranění díky nakaširovaným roznášecím plechům
- jednoduché a rychlé zkracování pokládací desky díky integrované lince pro dělení
- žádná možnost nazdvižení teplovodných plechů při vkládání topných trubek
- nízká výška instalace
- minimální hmotnost

REVEL - PEX

REVEL-PEX je jednoduchý a cenově výhodný systém založený na použití vysoce jakostních a dobře vyzkoušených materiálů. Síťovaný polyetylen typu „b“ má speciální stabilizaci, a tím i vysokou odolnost proti účinkům měděných iontů, šíření náhodných trhlin, zvýšenou odolnost proti UV záření, vysokou odolnost proti účinkům chlóru aj. a představuje dnes světový vrchol v daném oboru.



Síťovaný polyetylen obecně se vyznačuje tvarovou pamětí využívanou v systému Revel-Pex při spojování, ale především jen mírně klesající pevností za dlouhodobého teplotního zatížení.

Při výrobě je používána technologie hydrolytického (silánového) síťování označovaná dle DIN jako PE-Xb. Tato technologie umožňuje ekonomickou výrobu jakostních trubek, které vyhovují technické normě DIN16892. Tato technologie na rozdíl od PE-Xa

(peroxydické) a PE-Xc (radiační) umožňuje optimalizaci stabilizace trubek proti různým vlivům. Firma REVEL je pravděpodobně jediným výrobcem na světě, který provádí výstupní kontrolu celé produkce tlakovým testem 0,9 MPa vodou 85°C teplou po dobu 1 hod. Při užívání PE-X je třeba respektovat specifické vlastnosti tohoto materiálu. Trubky musí být skladovány a instalovány tak, aby nebyly vystaveny dlouhodobě přímému působení slunečního záření.

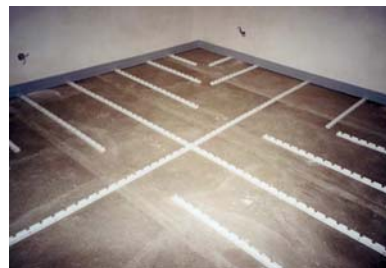
V systému je pro podlahové sestavy nejčastěji využívána trubka v dimenzi 18x2 s označením RL83E. Lze použít však i trubku 16x1,8 RL59E nebo trubku 20x2,3 RL129E, ale v polystyrenových systémových deskách drží pouze trubka RL83E a RL129E. Také se systémy liší maximální délkou smyčky. Pro trubku 16x1,8 se využívají zámkové lišty a maximální délka smyčky je 80m. U trubek RL83E je to asi 140m a u trubek RL129E maximálně 150m, protože trubka 20x2,3 má v provozním stavu vyšší obsah vzduchových bublin. Polystyrenové desky i zámkové lišty se dodávají ve dvou variantách lišících se roztečí (63mm a 75mm), trubky se pak ukládají v násobcích roztečí. Systémy ze zámkových lišt vychází cenově příznivěji a je u nich nulový prořez.



Polystyrenová systémová deska je vysoká 48mm (započitatelná tepelná izolace činí 22mm), v rámci výšky 48mm se uloží potrubí a nad horní hranu polystyrenu v tloušťce cca 40mm se ve třídě betonu B20 (potěr P20) provedou podlahy

Nabídka zámkových lišt s roztečí 63mm a 75mm umožňuje montáž mokrého

stěnového vytápění. K tomuto účelu využíváno potrubí RL59E, tedy 16x1,8 s kyslíkovou bariérou. Dlouhodobé testy neprokázaly zavzdušňování stěnových systémů s touto trubkou. Meandry se ukládají vodorovně z důvodů nižších tlakových ztrát.



U suchých systémů se zdvojenou podlahou, kde se potrubí rovněž ukládá do zámkových lišt, se předpokládá užití topné vody na hranici sublimace polystyrenu a je zde vhodné užití jiných izolačních hmot v podkladu - např. polyuretanových desek s hliníkovou fólií.



Jako novinku firma REVEL nabízí suchý systém s konstrukční výškou 25mm vhodný pro rekonstrukce s malou výškou podlah nebo pro dřevostavby případně pro užití tam, kde statika nedovoluje zatížit stropy betonem. Systém využívá dřevovláknitých desek o tloušťce 22mm dvojího typu. První typ má pouze podélné drážky s roztečí 150mm, druhý typ je opatřen vyfrézovanými koly s drážkami, která umožňují otočení libovolného meandru dle dispozice.

UNIVERSA

Podlahové vytápění UNIVERSA je určené pro instalaci:

- do obytných budov (rodinné domy, výstavba objektů pro více nájemníků, sídl. stavby)
- do komunálních staveb (kostely, školy, školky, sportovní haly, ...)
- do zvláštních staveb (hotely, výrobní haly, nemocnice, výstavní plochy, ...)
- pro plochy na volném prostranství (mosty, parkoviště, hřiště, ...)

Z rozsáhlé nabídky umělých hmot se vykryštalizovaly tři druhy materiálů, které jsou v dnešní době k dostání na trhu:

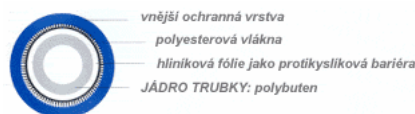
- kopolymer polypropylenu
- síťovaný polyetylen
- polybutylen

Použití umělé hmoty v podlahovém vytápění umožňuje zvýšenou propustnost vzdušného kyslíku, který zapříčiňuje tvorbu oxidu železitého a tím tvorbu usazenin, které při rychlosti proudění vody v trubkových rozvodech mohou namáhat stěnu trubky. Trubka pro podlahové vytápění NIOXY firmy UNIVERSA je svou konstrukcí zabezpečena proti pronikání kyslíku a při jejím použití nehrozí nebezpečí namáhání a nadměrné koroze ostatních částí vytápěcí soustavy.

Je možné použít i jiné řešení problematiky difundování kyslíku do systému, ale na základě zvýšených nákladů, dodatečné kontroly a údržby se toto řešení nedoporučuje.



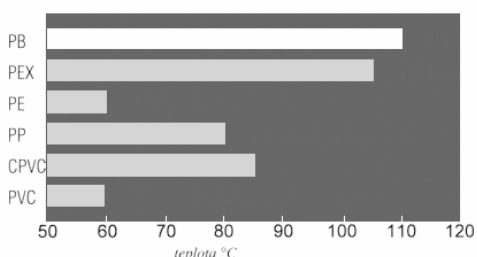
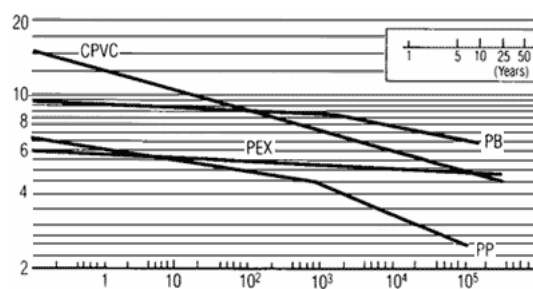
Jádro trubky NIOXY tvoří polybutylen - materiál špičkových vlastností. Je sloučením snad všech kladných vlastností bez vedlejších účinků a vzhledem na náročnost výroby se používá všude tam, kde je potřebná špičková kvalita. Považuje se za nejstarší materiál používaný při podlahovém vytápění a vyznačuje se vysokou pevností a ohebností. Mimo to je to materiál polyfúzně svařovatelný.



Vlastnosti polybutenové trubky UNIVERSA

Dlouhodobá odolnost proti tlaku

Tato vlastnost je jednou z nejdůležitějších vlastností materiálů používaných na výrobu potrubí. V následující tabulce je uveden diagram působení tlaku a tepla na poškození trubky v závislosti na čase. V této tabulce jsou porovnány vlastnosti dnes nejčastěji používaných materiálů.



Tepelná odolnost

Neméně důležitým ukazatelem je tepelná odolnost, která je vyjádřena následující tabulkou.

Tlaková stabilita

Kombinace výše uvedených vlastností promítnutých do normalizovaných zkoušek tepelných hladin (viz tabulka) dává komplexní přehled o vhodnosti použití jednotlivých materiálů pro bezporuchové teplovodní vytápění se zaručeně dlouhou životností.

Teplota	60°C	80°C	95°C	Tlak
polybutylen	9	6,5	4,4	N/mm ²
C - PVC	10	4	1,3 (100°C)	
PP	4,5	2,5	1,7	
PEX	6,5	5	3,5	

EKOPLASTIK

Polypropylénové trubky typu 3 - kopolymer polypropylenu firmy EKOPLASTIK mají rozsáhlé použití ve stavebnictví. Jsou vhodné jak pro rozvody studené vody, užitkové, tak pro vytápění. Při posuzování vhodnosti použití prvků Systému Ekoplastik PPR pro vytápění musíme použít hodnotu vstupní výpočtové teploty otopné vody, což je nejvyšší teplota, která se v soustavě vyskytuje. Vhodnost použití ukazuje tabulka :

Otopná soustava	Teplotní rozmezí	Použití Systému Ekoplastik PPR
Teplovodní nízkoteplotní	$t_1 \leq 65^\circ\text{C}$	vhodné
Teplovodní otevřené	$65^\circ\text{C} < t_1 \leq 95^\circ\text{C}$	v tomto rozsahu teplot méně vhodné
Teplovodní uzavřené	$65^\circ\text{C} < t_1 \leq 115^\circ\text{C}$	v tomto rozsahu teplot nevhodné
Horkovodní	$t_1 \geq 115^\circ\text{C}$	nevhodné

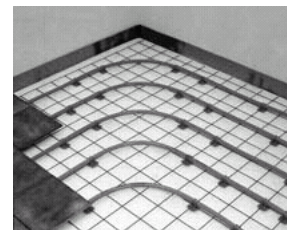
Pro plastový potrubní systém se předpokládá životnost 50 let při správné volbě materiálu, tlakové řady a správné aplikaci. Tlakovou řadu v závislosti na systému ohřevu teplé vody a regulaci její teploty volí projektant.

Obecně se v podlahovém vytápění vyskytují teploty maximálně 45°C a tlak 0,3 MPa.



Pro tyto parametry se používá potrubí EKOPLASTIK PPR PN nebo PPR STABI (vi.obr). Pro pokládání topných okruhů se používají potrubí navinutá v kotoučích. Potrubí natočená v kotoučích jsou výhodnější, jelikož není třeba použít v podlahové konstrukci žádné spoje. Topné trubky se kladou do podlahové konstrukce spirálovitě.

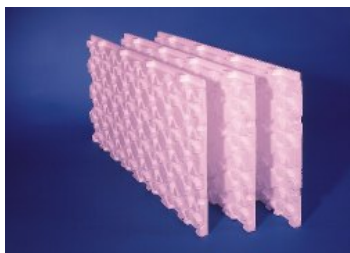
Potrubí lze přichytit na kovovou síť k tepelné izolaci, vtlačit do distančních profilů nebo profilované tepelné izolace. Pro montáž platí stejná pravidla jako pro montáž potrubí vodovodů. Při pokládání potrubí je třeba pečlivě odvíjet z kotouče, aby nedocházelo k torznímu namáhání potrubí a postupně potrubí uchycovat k podkladu.



UNITERM, NOVOTERM

Mokrý systém UNITERM a NOVOTERM

Izolační desky pro podlahové vytápění



Izolační desky NH 35 jsou určeny pro suchou montáž podlahového vytápění. Izolační desky NH 25 jsou určeny pro klasickou montáž podlahového vytápění s použitím záливkového betonu.

Izolační desky NH 25 jsou vyrobeny z expandovaného polystyrénu napěňovaného do forem s označením PSB-S-35 a PSB-S-25 s třídou hořlavosti "C1" dle ČSN 730862. Na vrchní straně desek je vytvořen systémový rastr pro ukládání PE trubek

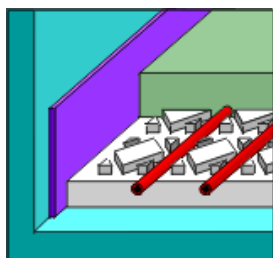
na vytápění. Desky se vyznačují vysokou únosností (zatížitelností).

Výhody

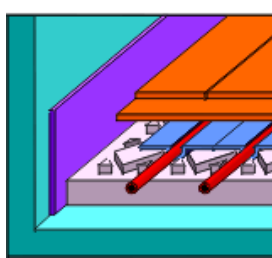
jednoduchá montáž - příznivé rozvrstvení tepla v místnosti - minimální konstrukční výška podlahy - velmi nízká tepelná vodivost - nízká objemová hmotnost - rozměrová stálost - dlouhodobá trvanlivost - jednoduché opracování - variabilita konečné povrchové úpravy - ekologická nezávadnost - recyklovatelnost výrobku - příznivá cena.

Systémy podlahového topení

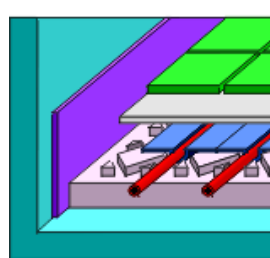
Uniterm



Novoterm



Novoterm 50



Suchý systém NOVOTERM

Podlahové desky NOVOPOL s kročejovým útlumem

Jakostní dřevotřískové desky spojené s tepelně izolačními deskami z pěnového polystyrenu pro suché provádění podlah.

Podlahové desky NOVOPOL jsou určeny pro suché provádění podlah, které respektují novodobé požadavky na minimální konstrukční toušťky a splňují všechny požadované vlastnosti, t.j. nášlapné, tepelně izolační, roznášecí, zvukoizolační a požární požadavky.

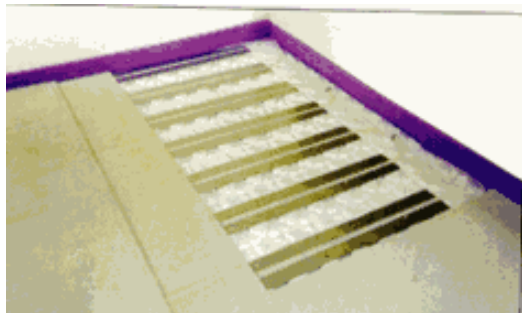
Snadná montáž, vyloučení mokrých procesů, okamžitá zatížitelnost, nízká hmotnost jsou vlastnosti předurčující tyto desky pro aplikace v novostavbách i v rekonstrukcích.

Nedoporučuje se použití do vlhkých a mokrých provozů. V případech realizace v místnostech nad vlhkým a mokrým prostředím se požaduje oddělení konstrukce podlahy parotěsnou zábranou. Podlahy nejsou vhodné pro použití v místnostech s možností kontaminace organickými rozpouštědly a látkami poškozujícími izolační polystyrenovou vrstvu.



NOVOTERM - suchý systém podlahového vytápění -

a) bez zalévání potrubí



b) s odděleným zaléváním potrubí



Ad a) jednoduchá a rychlá montáž, izoldesek, plechů, potrubí i desek CETRIS možnost okamžitého uvedení do provozu byty, hotely, administrativní budovy a učebny, jídelny, kavárny apod.

Ad.b) jednoduchá a rychlá montáž izolačních desek, plechů, potrubí i zalití epox.směsí, možnost uvedení do provozu 48 hodin po zalití

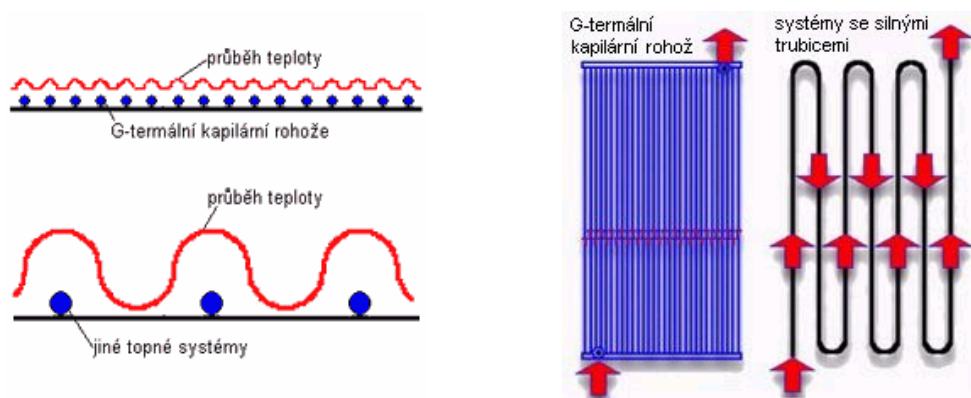
KAPILÁRNÍ ROHOŽE G-TERM

Systém vytápění a chlazení kapilárními rohožemi G-TERM

Kapilární rohože G-TERM jsou systémem sestávajícím z kapilár malých průměrů a relativně malých odstupů (10 - 30 mm), svedených do sběrných trubíc. Svojí jedinečností se kapilární rohože funkcí a formou orientují na prověřenou technologii a umožňují tak maximálně přirozené vytápění a chlazení.

Regulační technika zajišťuje potřebný komfort a nabízí mimo jiné potřebnou ochranu systému. Vytápění vyžaduje regulaci tepla k regulaci přívodní teploty v závislosti na potřebné povrchové teplotě. Malý průměr kapilárních trubiček zajišťuje nízkou konstrukční výšku podlahy. Proto se znamenitě hodí pro rekonstrukce s dodatečnou montáží podlahového, ale i stěnového a stropního topení a chlazení.

Rozdílem oproti běžnému podlahovému topení je to, že teplo je dodáno těsně pod pochozí plochou. To umožňuje rychlý reakční čas systému topení a chlazení s nižšími teplotami proudící vody v kapilárních rohožích.



Základní výhody vytápění ploch G-TERM kapilárními rohožemi proti klasickým systémům :

rovnoměrný průběh teploty po celém vyhřívaném povrchu který je umožněn

- 10x menší roztečí mezi jednotlivými kapilárními trubicemi
- malým rozdílem teplot mezi přívodem teplosnosného média a zpátečkou

velmi krátký reakční čas systému vytápění díky

- o 75 % nižším objemem nemrznoucí směsi v systému
- o 100 % větší teplosměnnou plochou G-termálních kapilárních rohoží oproti jiným systémům

o 20 % nižší investiční náklady

až o 50 % nižší provozní náklady díky

- zcela rovnoměrnému průběhu teplot
- systému zdroje tepla z tepelných čerpadel



Pokud uvažujeme podlahové topení, jsou kapilární rohože G-TERM nataženy na únosný základ (roznášecí vrstvu) v samonivelační stěrce těsně pod povrchem. Únosnost tenké vrstvy stěrky není díky kapilární rohoži oslabena. S tenkou vrstvou omítky je též počítáno u stěnového topení a stropního topení a chlazení. Rohože jsou mezi sebou a propojení do potrubí až k rozdělovači dle předpisů spojovány svařováním plastů.

Ekonomické výhody tohoto systému podlahového topení jsou rozhodně v tom, že kapilární rohož již s přívodní teplotou, která je jen nepatrně vyšší než teplota pokojová, odvádí vysoký výkon. To přináší možnost využití "alternativních energií" - tepelná čerpadla, solární panely. Dokonce i samotné běžné podlahové vytápění dosahuje zřejmě energetické úspory, tzn. že můžeme vytápět již s nízkou přívodní teplotou (pod 40°C).

UNIPIPE®

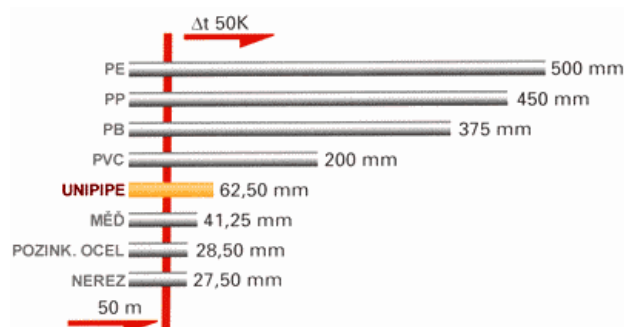
Unipipe je ucelený systém potrubí v celé škále rozměrů od 14 do 110 mm. Hlavním parametrem, kterým se materiál trubky Unipipe odlišuje od ostatních materiálů používaných pro podlahové vytápění je jeho teplotní roztažnost a s ní související časová pevnost a životnost.

Teplotní roztažnost

Je vyjádřena rovnicí $dL = 0,025 \times dT \times L$, kde dL je velikost teplotní dilatace (prodloužení) v milimetrech, dT je oteplení (změna teploty) ve °C nebo v Kelvinech a L je délka trubky v metrech.

Třebaže je teplotní roztažnost trubek UNIPIPE® velmi malá (blízká roztažnosti kovových trubek), přece jen k určitému fyzikálně odůvodněnému prodloužení vlivem oteplení dochází.

Proto se doporučuje u delších úseků potrubí kontrolovat dilataci výpočtem a umožnit při montáži potrubí realizaci dilatace vytvořením jednoduchého nebo vícenásobného ohybu trubky a v případě potrubí pod omítkou použitím tepelné izolace (trubky z pěnového polyetylenu apod.), aby se potrubí UNIPIPE® mohlo dilatačně posouvat.



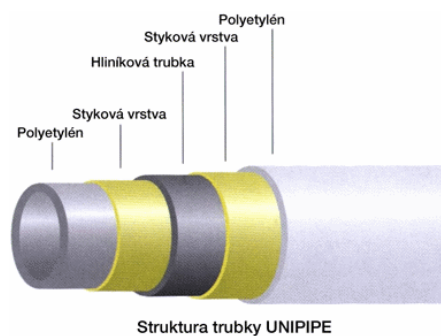
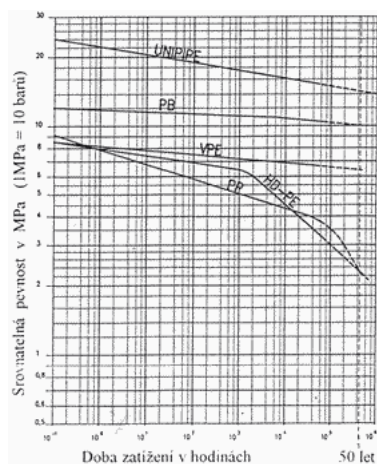
Graf teplotní dilatace potrubí z různých materiálů při délce $L=50\text{m}$ a oteplení 50°C

Životnost

Systém potrubí UNIPIPE s tvarovkami poskytuje nejvyšší dosažitelnou životnost, která se technicky vyjadřuje na dobu 113 let (1 milion hodin) a je garantována na 50 let.

Tepelná vodivost a ztráty

Pětivrstvé potrubí UNIPIPE má poměrně velmi malou měrnou tepelnou vodivost, danou údajem $0,4\text{ W/m.K}$ (wattů na Kelvin metr). Tepelná vodivost železa je asi 100x větší (42 W/m.K) a mědi asi 800x větší (320 W/m.K).



V případě podlahového vytápění se zdá být tato malá tepelná vodivost trubek UNIPIPE nevýhodou. Ve skutečnosti však musí teplo v podlaze projít ještě další vrstvou betonu, dále vrstvou dlaždic, parket nebo textilní krytiny, takže tepelná vodivost samotné trubky zde nakonec nehraje rozhodující úlohu, ale rozhodující jsou tepelné vodivosti zmíněných dalších vrstev. Proto je trubka UNIPIPE i pro podlahové topení velmi vhodná a velmi dobře použitelná. Topné médium (zpravidla voda) může být při použití UNIPIPE o něco málo teplejší ($3\text{--}4^\circ\text{C}$), než při použití měděných trubek (teplota 60°C se však zpravidla nepřekračuje).

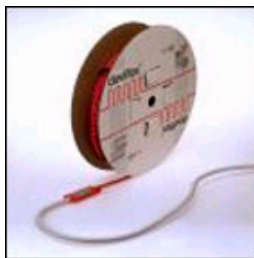
DEVI

Vytápění DEVI přináší rozložení teplot v místnosti téměř ideální pro biologickou potřebu člověka. Rovnoměrně ohřívá všechny povrchy v místnosti a snižuje spotřebu energie min. o 15 % v porovnání s tradičními topnými systémy.

DEVI je osvědčený komplexní systém od světového výrobce - dánské firmy DEVI. Topný systém DEVI je možné instalovat do nových nebo renovovaných podlah ve všech typech místností v obytných domech, bytech, chatách, kancelářích, výrobních prostorách nebo historických objektech.

Tento tenký systém DEVI obvykle neslouží pro vytápění, ale jen pro temperování podlahy. V objektech, kde se vytápí např. plynem, často slouží také pro efektivní přitápění v přechodových obdobích, kdy se ještě nevyplatí zapínat kotel (podlahy v koupelnách, před kuchyňskou linkou, posezení v zimní zahradě apod.).

Tenký systém DEVI Vám umožňuje novou teplou podlahu zbudovat přímo na staré dlažbě nebo na původním betonovém povrchu. Potřebuje k tomu pouhých 1,5 cm, včetně tloušťky nových dlaždic.



Při temperování podlahy tenký systém DEVI nekontroluje teplotu v místnosti, ale nezávisle udržuje právě jen žádanou teplotu vyhřívané podlahy.

Topnými prvky podlahového vytápění DEVI mohou být zvoleny topné kabely **deviflex** nebo tenké topné rohože **devimat**.

Inteligentní elektronická regulace Devireg

Pro řízení vytápěcích systémů jsou speciálně vyvinuty přesné a spolehlivé termostaty **devireg**, které zajišťují optimální provozní režim, a tím i nízké provozní náklady. Při výběru regulačních prvků můžete volit termostaty s podlahovým nebo podlahovým a prostorovým senzorem.

Patentově chráněný myslící termostat **devireg 550** posouvá vaše starosti do oblasti "nastav a zapomeň". Nastaví se pouze teplota a čas, ve kterém jak je požadováno a nic víc není potřeba. Termostat umí sám odhadnout, kdy je nutné vytápění zapnout, aby bylo co nejehospodárnějším způsobem dosaženo požadované teploty v době, která je mu určena. Na řízení akumulčního vytápění se používají ekvitermní regulátory řady **devireg 750**. Neustálým porovnáváním venkovní teploty a vnitřní teploty vytápěného objektu docílí optimální spotřeby energie a příjemné stálé teploty v místnosti.

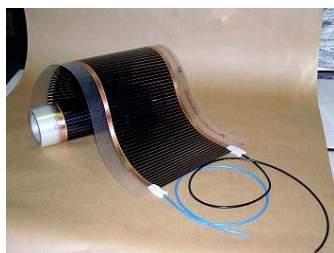


ECOFILM, ECOFLOOR

Folie ECOFILM F

Ideální topný systém je systém s maximálním topným povrchem, umožňujícím rovnoměrné rozložení tepla při nízké povrchové teplotě topidla. Topné folie Ecofilm tvoří grafitová homogenizovaná vrstva nanesená na polyesterové folii. Elektrická energie je přiváděna do topné folie pomocí 2 měděných pásků a zde je transformována beze ztrát na energii tepelnou.

Výsledkem je rovnoměrná distribuce tepla při nejnižší teplotě a z toho plynoucí výhody úspory elektrické energie, jednoduché instalace, a vysokého uživatelského komfortu.



Topné folie ECOFILM jsou špičkovým technickým výrobkem určeným pro velkoplošné vytápění. Topný systém sestává z laminátové polyesterové folie s nanesenou grafitovou vrstvou, z napájecích vodičů a příslušenství. ECOFILM je dodáván ve dvou provedeních - stropní a jako podlahové topné folie.

Vyrábí se ve výkonech 150 a 200 W/m² - pro podlahové vytápění - dlažba, mramor. Výkony 60 W/m² pro dřevěné a 80 W/m² pro laminátové podlahy. Aktivní (topná) šířka folie je 50 cm, po stranách jsou netopné pásky šířky 5 cm, určené pro fixaci folie ke konstrukci podlahy. Celková šířka folie je 60 cm.

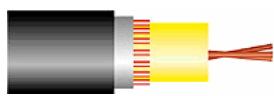
Doporučená regulace pro ECOFILM F :

- a) topná podlaha jako hlavní topení: doporučuje se použít termostat limitující teplotu vzduchu v místnosti (prostorové čidlo) a současně limitující teplotu nášlapné plochy podlahy (podlahová sonda)
- b) topná podlaha jako doplňkové topení pro zlepšení teplené pohody: k regulaci je možné také využít centrální programovací jednotky

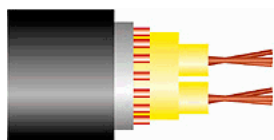


Kabely a rohože ECOFLOOR

Základním prvkem velkoplošných topných systémů ECOFLOOR je buď samostatný odporový topný kabel (jednožilový či dvoužilový, s ochranným opletením, či bez), případně topný kabel fixovaný z důvodu snadnější montáže a snížení rizika poškození na tzv. topné rohoži. Použití kabelů ECOFLOOR však není jen v oblasti vytápění místností, jejich použití je možné i pro rozmrazování venkovních ploch, odstraňování sněhu a ledu atd..



Použití do topných podlah, ve kterých je topná rohož (kabel) typu ECOFLOOR P1P, MPSV a MADPSP osazena do vrstvy betonu, uložené na tepelně izolační podložce.



Tloušťka betonové vrstvy nemá být menší jak 4-5cm. Jejím zvětšením narůstá míra akumulace tepla. Přímé vytápění keramické podlahové dlažby topnou rohoží ECOFLOOR D, DT, DTS, T, LD LDT, LDTS, A1P, která se vyznačuje:

- nízkou stavební výškou topného systému (do 20 mm)
- možností instalace na již existující dlažbu bez její demontáže
- nižší tepelnou setrvačností, s příznivým vlivem na regulovatelnost
- lze provozovat v přímotopné sazbě D 46, D 45, D 55.



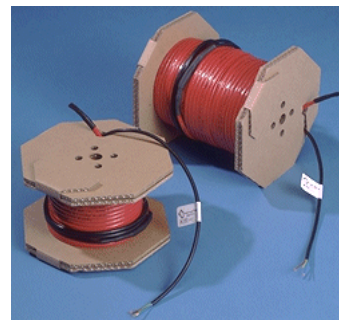
Topné rohože jsou taktéž určeny zejména pro topné podlahy, jejich použití je však možné i pro rozmrazování venkovních ploch apod. Jejich výhodou je výrazné zkrácení doby montáže, omezení možnosti vzniku chyb při montáži a snížení rizika poškození topného kabelu.

CHROMOFLEX

Malý průměr (5,6 x 8,8 mm) odolného topného kabelu Chromoflex zapříčiňuje to, že je velmi vhodný pro použití při renovacích starých budov nebo při úpravách vašeho domu; je kladen v obloucích, proto může být Chromoflex snadno přizpůsoben pro jakoukoliv budovu; když je použit jako částečné nebo přídavné topení v nových budovách pro vytápění vybraných míst, můžete vytápět právě to místo kde je vytápění potřeba; kombinací systému s časovým termostatem

Použití

Kabely elektrického vytápění Chromoflex mohou být použity jako komfortní přitápění nebo zcela nahradit klasické vytápění. Komfortní přitápění (75 W/m², ± 20 cm mezery) je ideální cestou jak ohřát (přírodní) kamenou podlahu na příjemnou teplotu. V tomto případě bude Chromoflex používán vedle dalšího vytápění. Plný výkon vytápění (150 W/m², ± 10 cm mezery) může být použit jako hlavní vytápění, kvůli úsporám tepla zaopátráte dům patřičnou izolací (konzultujte vaši firmu nebo předem montéry). Pro koupelny a pro místnosti které chcete rychle vytopit Thermaflex vždy doporučuje kapacitu 150 W/m². Maximální kapacita je 300 W/m² (5 cm mezery).



Konstrukce

Dvouvrstvý systém s pouze jedním zapojovacím kabelem (studený konec). Pět různých délek (18, 36, 61, 73 a 146 metrů) ohebného topného kabelu, dvojité izolované opatřené uzemněnou mřížkou. Topný kabel nemůže být zkrácen nebo prodloužen.

Topné kabely Chromoflex jsou nezlomitelné, dvojité izolované, a vystužené uzemněným obalem který zaručuje optimální bezpečnost. Chromoflex je testován podle VDE požadavků a vyhovuje přísným standardům



Dvojité izolovaná konstrukce kabelu dovoluje velkou flexibilitu při kladení kabelu. Nejsou zde ty stejné omezení jako u topných rohoží a rolí. Elastické topné kabely mají pouze jeden zapojovací konec, který je vybavený trojitě izolovaným kabelem. To znamená, že zde nejsou žádné komplikované pájené a zkrácené spoje.

Topné kabely Chromoflex se pokládají v kličkách a jsou připevněny na hladký povrch aluminiovou lepicí páskou. Tato lepicí páska zabezpečí optimální distribuci tepla mezi topnými kabely. Předtím než mohou být kabely přidělaný, musí se nanést základ lepidla na podlahu (např. "PCI-Gisogrund"). Pak je přidána samodisperzní vyrovnávací vrstva (např. "PCI-Periplan" 10 or 20). Pak je možné použít vrchní vrstvu.

Provozování podlahového vytápění Chromoflex

Elektrické podlahové vytápění je řízeno digitálním časovým spínacím termostatem. Senzor termostatu je umístěn mezi topnými kabely v podlaze a měří teplotu podlahy. A následně na nastavení termostatu je podlahové topení buď zapínáno nebo vypínáno. Pokud se vyskytne porucha v termostatu nebo v senzoru je termostat automaticky vypnut.

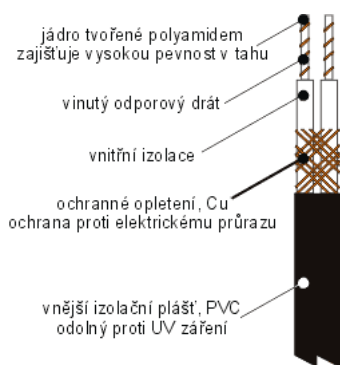
V-SYSTÉM

Společnost V-systém nabízí pod názvem TEPLÁ DLAŽBA nejpoužívanější tenkovrstvý systém do koupelen a podobných prostor. Je to stavebnice. Jediné, co je třeba znát, je velikost plochy. Pro regulaci je v nabídce jednoduchý analogový nebo digitální programovatelný termostat. Kabely nejsou v rohoži, kabely je proto možno instalovat přesně podle rozměrů i v členitém prostoru. Kabely může každý položit sám, ale připojit k elektroinstalaci je smí pouze osoba oprávněná, s odpovídající elektrotechnickou kvalifikací.

Topný systém TEPLÁ DLAŽBA je dodáván v kompletních sadách, které obsahují topný kabel příslušné délky, elektronický termostat, potřebné upevňovací prvky a podrobný návod k instalaci. Tabulka ukazuje příkon jednotlivých typů a plochu, pro kterou je možné určitý typ použít.

označení soupravy	vytápěná plocha (m ²)	příkon (W)
Teplá dlažba A, A/T	0,8 až 1,3	160
Teplá dlažba B, B/T	1,3 až 2,3	280
Teplá dlažba C, C/T	2,3 až 3,7	450
Teplá dlažba D, D/T	3,7 až 5,3	640
Teplá dlažba E, E/T	5,3 až 7,5	960
Teplá dlažba F, F/T	7,5 až 12	1550

Všechny systémy jsou vybaveny proudovými chrániči, které reagují okamžitě při průchodu proudu 30 mA a vypnou přívod proudu (při poškození izolace otopných kabelů a přítomnosti vody na živých částech kabelu, je proud okamžitě vypnut a neohrožuje zdraví lidí.



Topné kabely řady EC, jejichž výrobcem je kanadská firma Easy Heat, jsou dvoužilové topné kabely vybavené ochranným Cu opletením a dvojitou izolací. Jádro obou vodičů je tvořeno svazkem skelných vláken, okolo nichž je ve šroubovici ovinut tenký odporový vodič. Díky této konstrukci a použitým materiálům je kabel velmi dobře tvárný, odolný vůči vnějším mechanickým zásahům a dosahuje značné odolnosti v tahu. Posledně jmenovaná vlastnost mimo jiné v praxi znamená, že ve svislých konstrukcích (svodech) je EC kabel samonosný až do délky svodu cca 6 - 7m. Životnost otopných kabelů je cca padesát

let, za předpokladu správného uložení v podkladním betonu se prakticky rovná životnosti stavby. Teplota v jádru kabelu je kolem 70 °C.

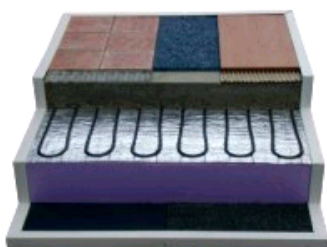
Regulace

K řízení elektrických podlahových systémů používáme zásadně přesné elektronické termostaty. Každý 1°C navíc znamená růst nákladů o asi 5%.

Pro doplňkový ohřev podlahy (temperování) se používají regulátory s podlahovým teplotním senzorem. Snímána je teplota podlahy, regulátor není ovlivněn provozem jiného topidla. Pro hlavní vytápění se doporučuje použít termostaty s prostorovým teplotním senzorem, nebo regulátory, které snímají teplotu podlahy a vzduchu současně. U tomto případě je řídicí hodnotou teplota vzduchu; podlahový senzor kontroluje překročení hranice, při které je teplota podlahy stává nepřijemnou.

METALVATEDINO®, VATEDINO®, METALVATEDINO®PLUS

METALVATEDINO®



Tato elektrická topná rohož je vhodná jak k vytápění, tak i k temperování podlah do novostaveb nebo do prostor, kde se provádí kompletní rekonstrukce podlah. Po položení podlahové izolace se rozvine elektrická topná rohož a na ni se nanáší betonová mazanina. Po vytvrdnutí (vyzrání) betonu je možno pokládat finální podlahu. Termoregulaci doporučujeme do každé místnosti nebo kombinaci místností např. kuchyň s obývacím pokojem, WC s koupelnou apod.

VATEDINO®



Díky své nepatrné montážní výšce pouhé 3 mm je tato el. topná rohož vhodná zvláště pro rekonstrukce podlah, které je třeba vytápět nebo jen temperovat, ale samozřejmě je možné ji instalovat také v novostavbě. Elektrická topná rohož se pokládá přímo na stávající podlahu (beton, PVC, dlažba, atd.) a zastěrkuje se flexibilní lepící maltou do výšky topných kabelů. Po jejím vytvrdnutí (cca 24 hod) se do další vrstvy flexibilní lepící malty klade nová dlažba

METALVATEDINO®Plus



V případě, že je podlaha již hotová, požívá se topná rohož, která se umístí přímo pod stávající koberec nebo pod laminátovou či dřevěnou plovoucí podlahu. Elektrická topná rohož se pokládá přímo na stávající podlahu (PVC, beton, mramor, dlažba, parkety) a na ni se rozvine prodyšný koberec nebo se pokládá laminátová či dřevěná plovoucí podlaha. Při instalaci těchto plovoucích podlah se již nepokládá vrstva Mirelonu. Funkci mirelonu plně nahrazuje izolační podložka, která je součástí topné rohože.

1 .RODINNÝ DOMEK MANŽELŮ BURIANOVÝCH V KUNŽAKU

Solární systém pro ohřev TUV, přitápění objektu a vyhřívání venkovního bazénu

Obsah demonstračního projektu

Předmětem projektu je instalace slunečních kolektorů na střeše rodinného domu, které zajišťují ohřev TUV, přitápění rodinného domu v přechodném období a ohřev vody ve venkovním bazénu v letním období.

Dům je situován v oblasti s venkovní výpočtovou teplotou -15°C . Obvodové stěny rodinného domku jsou provedeny z plynosilikátových tvárníc s přídatnou tepelnou izolací 5 mm polystyrenu, okna jsou dřevěná zdvojená. Tepelná ztráta domu je 9,6 kW.

Původní stav

Pro vytápění domu byla využívána kombinace elektrického akumulčního vytápění a kotle spalujícího pevná paliva. V rodinném domku bylo instalováno podlahové vytápění připojené na akumulční nádrž 2 m^3 , do které bylo podle potřeby dodáváno teplo z elektrokotle provozovaného na „akumulační“ sazbu, nebo z druhého zdroje tj. kotle na pevná paliva (uhlí, dřevo). Teplá užitková voda byla připravována v elektrickém bojleru.

Při realizaci solárního systému bylo na střeše rodinného domku instalováno 12 slunečních kolektorů Heliostar typ H 202N2L, s absorpční plochou $12 \times 1,76\text{ m}^2 = 21,12\text{ m}^2$.

Současný stav

Nově instalovaný solární systém je zapojen tak, že je z něj možno dodávat teplo pro vytápění domu, ohřev TUV i ohřev bazénové vody. Provoz solárního zařízení je řízen regulátorem, který podle zvoleného programu volí postup při využití tepla získaného ze solárního systému. Regulátor typ Termo V 2.0 jede podle nastavené priority (vytápění, ohřev TUV nebo bazén).

Roční výše energetických vstupů (skutečnost 1998)

Vstupy paliva energie	Jednotky	Množství	Přepočet na GJ	Cena Kč/jed.	Roční náklady v Kč
El. energie – vytápění.	MWh	17,9	64,4	610	10 919
El. energie – TUV	MWh	10,2	36,7	610	6 222
Hnědé uhlí	t	2,3	34,5	1 300	2 990
Celkem paliva a energie			135,6	x	20 131

Roční výše energetických vstupů po realizaci projektu (skutečnost 2000)

Vstupy paliv a energie	Jednotky	Množství	Přepočet na GJ	Cena Kč/jed.	Roční náklady v Kč
El. energie – otop.	MWh	8,2	29,5	610	6 002
El. energie – TUV	MWh	1,1	3,9	610	671
Hnědé uhlí	t	0,8	12,0	1 300	1 040
Celkem paliva a energie			45,4	x	7 713

Z bilance vyplývá, že solárního systém dodal 90,2 GJ/rok tepla pro vytápění a ohřev TUV a tím se snížila spotřeba el. energie a tuhých paliv, což představuje úsporu 12 418 Kč/rok. Navíc bylo dodáno cca 25 GJ tepla pro ohřev vody ve venkovním bazénu, který před instalací solárního systému nebyl vyhříván. Pokud by byl bazén vyhříván ze stejného zdroje tepla, kterým byl prováděn ohřev TUV a vytápění domu, byly by náklady na ohřev bazénu 4 230 Kč/rok.

Pro ekonomickou rozvahu však nemůžeme počítat se stálými cenami energie protože životnost zařízení je cca 20 let a za v tomto období bude stoupat cena energie o cca 5% ročně. Proto pro ekonomickou rozvahu je třeba počítat s rostoucí cenou energie.

Investiční náklady

Celkové investiční náklady na instalaci solárního systému:	331 tis.Kč
Sluneční kolektory	206 tis.Kč
Výměníky tepla	20 tis.Kč
Ohřívač TUV	17 tis.Kč
Potrubní rozvody	25 tis.Kč
Montáže	20 tis.Kč
Regulace	15 tis.Kč
Projekt	28 tis.Kč
Financování celé akce bylo provedeno následovně:	
vlastní zdroje investora	11 tis.Kč
Úvěr	200 tis.Kč
dotace od ČEA	100 tis.Kč

Technicko-ekonomické ukazatele.

Bilance solárního zařízení v roce 2000 jsou uvedeny v předchozích odstavcích. Tomu odpovídají následující náklady na výrobu tepla a úspory za dodávku tepla pro vytápění domu a ohřev TUV a ohřev vody v bazénu. Za sledované období bylo dosaženo následujících nákladů a úspor nákladů:

Celkové investiční náklady na instalaci solárního systému:	331,00 tis.Kč
Náklady na provoz solárního zařízení	0,75 tis.Kč
Úspory za vytápění domu a ohřev TUV	12,42 tis.Kč
Úspory na ohřev vody v bazénu	4,23 tis.Kč
Roční výnos	15,90 tis.Kč
Prostá návratnost	20,8 roku
Prostá návratnost při započítání dotace ČEA	14,5 roku
Prostá návratnost při započtení růstu ceny el. energie	13,6 roku

Vyhodnocení projektového řešení

Solární zařízení bylo uvedeno do provozu v prosinci 1999, a od té doby je v nepřetržitě využíváno až do současnosti. Provoz zařízení neměl zatím žádné problémy, pouze dodavatel zařízení nabídl bezplatnou výměnu původního regulátoru, za vylepšený typ, což provozovatel. Instalace celého zařízení je dobře provedena a provozováno podle předpokladu projektu. Zatím nebylo instalováno měření dodávky tepla, které se chystá dodavatel zařízení instalovat, pro možnost přesnějšího vyhodnocení provozu. V příloze je uvedeno technologické schéma zapojení solárního zařízení v RD.

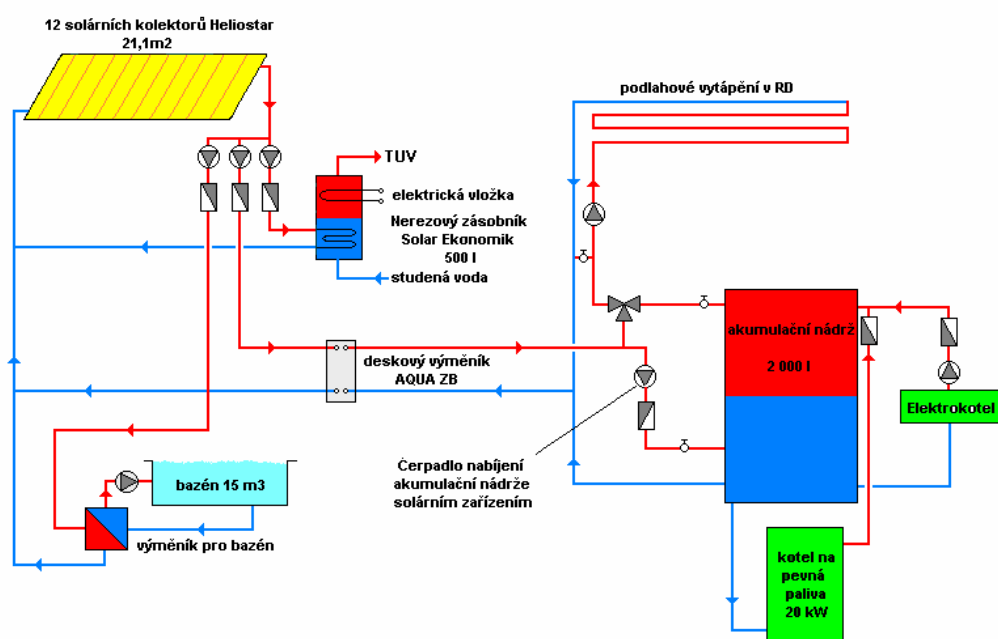


Schéma zapojení solárního zařízení v RD manželů Burianových v Kunžaku

2. RODINNÝ DŮM – TŘEBÍČ, PTÁČOV

Tepelné čerpadlo a kotel na dřevo pro vytápění RD

Obsah demonstračního projektu

Předmětem projektu je instalace bivalentního zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody (TUV) v novém rodinném domě.

Zdroj sestává z tepelného čerpadla země – voda jehož výrobcem je americká firma CLIMAT MASTER a zplyňovací kotel na dřevo českého výrobce ATMOS.

Vytápěný rodinný dům je zděný z cihlových bloků Porotherm tl. 45 cm (součinitel prostupu tepla obvodových stěn $k = 0,31 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). Okna mají také velmi nízký součinitel prostupu tepla $k = 1,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, střešní okna Velux $k = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Otopný systém je teplovodní, nízkoteplotní. Je rozdělen na okruhy : topný systém podlahového vytápění, topný systém s topnými tělesy (konvektory) a ohřevu teplé užitkové vody. Celý systém je dále vybaven izolovanou akumulací nádobou topné vody, oběhovými čerpadly, ekvitermní regulací, expanzní nádobou a pojistnými armaturami.

ZÁKLADNÍ PROVOZNÍ ÚDAJE

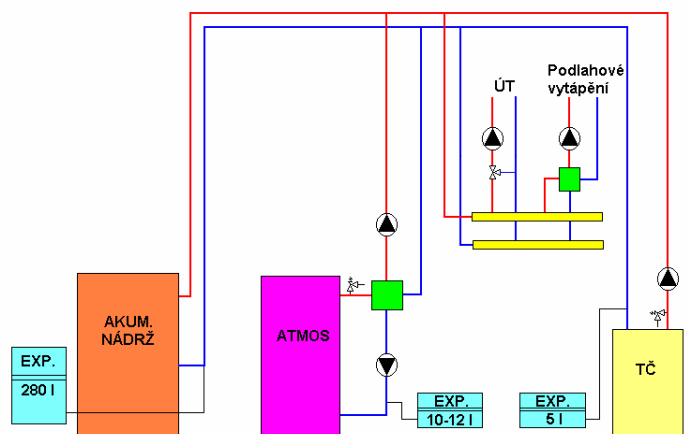
Zařízení bylo dokončeno v roce 1999 a je v provozu od začátku topné sezóny 1999-2000.

NÁKLADY

investiční náklady - dodávka celkem	515,- tis. Kč
z toho tepelné čerpadlo	335,- tis. Kč
vlastní prostředky	321,- tis. Kč
dotace z ČEA	194,- tis. Kč

HODNOCENÍ

Výkon tepelného čerpadla je oproti běžným projekčním zvyklostem poněkud předimenzován (kryje celou tepelnou ztrátu objektu). Během topné sezóny bylo tepelné čerpadlo schopno krýt celou potřebu tepla. Kotel na dřevní odpad je tedy v současné době pouze záložním zdrojem tepla. Majitel rodinného domu hodlá přistavět bazén, čímž by se potřeba tepla zvýšila a zdroj by mohl být výhledově využíván jako bivalentní.



Propojení otopného systému s akumulací nádrží o obsahu 4000 litrů v kombinaci se zplyňovacím kotlem na dřevo o výkonu 22 kW a kotlovou automatikou prodlužuje interval mezi přikládáním paliva.

3. RODINNÝ DŮM V TÁBOŘE- NÁCHODĚ

Tepelné čerpadlo pro vytápění rodinného domu

Obsah demonstračního projektu

Předmětem demonstračního projektu je instalace tepelného čerpadla, které zajišťuje vytápění a přípravu TUV pro nově postavený rodinný dům. Jedná se o nově postavený dům s obestavěným a vytápěným prostorem 600 m³. Stavební konstrukce jsou provedeny v souladu s ČSN 73 0540-2. V objektu je instalováno podlahové vytápění a radiátory, pracující v nízkoteplotním vytápění. Tepelný spád otopného systému je 55/45 °C.

1. Vstupní technické údaje zařízení

Tepelné ztráty objektu jsou dle projektu vytápění vypočteny na 13 kW, venkovní výpočtová teplota je pro oblast Tábora -15 °C. Předpokládaná spotřeba tepla je dle uvedeného projektu vytápění cca 107 GJ/rok.

Pro teplovodní vytápění objektu je použito tepelné čerpadlo v bivalentním zapojení s elektrokotlem. Tepelné čerpadlo odebírá teplo ze země pomocí zemního vrtu o hloubce 105 m. Tepelné čerpadlo slouží zároveň jako zdroj tepla pro ohřev TUV v boileru o objemu 152 litrů. Dle údajů, uvedených v projektu pokrývá TČ 61 % tepelné ztráty objektu, tzn., že TČ hradí 91% tepla a elektrokotel dodává zbývajících 9 % tepla.

Použité TČ je značky Villa Classic-105, výrobek švédské firmy Termia, typové provedení je „monoblok“, tzn. že v jedné skříni je umístěn kompresor typu Scroll, vestavěný zásobník topné vody, elektrokotel o výkonu 6 kW a veškerá automatika, zajišťující jeho provoz.

Investiční náklady

Celkové investiční náklady na vrt a TČ:	407 968,- Kč
z toho stavební náklady	93 000,- Kč
technologické náklady	314 968,- Kč

Financování celé akce bylo provedeno z vlastních zdrojů a s využitím dotace od ČEA, která činila 60 000,- Kč.

Technicko-ekonomické ukazatele

Provoz celého topného systému za topnou sezónu v roce 2000 - 2001 byl bez závad. Celková spotřeba elektrické energie v objektu (od 19.9 – 20.7. 2001) byla následující:

nízký tarif	13947 kWh
vysoký tarif	2104 kWh
celkem odběr	16 051 kWh

CELKOVÉ NÁKLADY ZA ODEBRANOU ELEKTRICKOU ENERGII ČINILY 21 303,- KČ A STÁLÝ PLAT BYL 4 680,- KČ, TEDY CELKEM: 25 983,- KČ.

Dle předpokládaných údajů o spotřebě el. energie (vytápění a ohřev TUV celkem 29700 kWh), uvedených v PD je skutečná spotřeba el. energie nižší o 46%. Na tuto spotřebu má vliv velmi dobré stavební provedení obvodových konstrukcí budovy.

Jak vyplývá ze zjištěných skutečností, je prostá návratnost vložených prostředků 11,4 roku. Uvedená prostá návratnost vložených prostředků je jedna třetina z doby uvažované životnosti TČ. Proto je možno konstatovat, že vybudováním uvedeného zdroje tepla byl splněn záměr snížit spotřebu tepla na vytápění rodinného domu a zároveň snížit míru znečišťování životního prostředí.

4. RODINNÝ DŮM – OSTRAVA, KRMELÍN

Tepelné čerpadlo pro podlahové vytápění RD

Obsah demonstračního projektu

Předmětem projektu je instalace tepelného čerpadla jako zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody (TUV) v nově vybudovaném rodinném domě.

Zdroj sestává z tepelného čerpadla typu voda – voda jehož výrobcem je firma Stiebel Eltron a to typu WPWE 11. Zdroj je doplněn plynovým kotlem Junkers o výkonu 10 kW, akumulční zásobníkovou nádrží o obsahu 200 l a zásobníkem teplé užitkové vody o obsahu 300 l.

Při stavbě byly použity moderní stavební technologie a vnitřní vybavení domu odpovídá vyššímu standardu bydlení. Obvodové zdi jsou z cihlových bloků Porotherm tl. 44 cm opatřené oboustrannou vápennou omítkou. Okna jsou dřevěná typu EURO. Jedním z progresivních prvků je právě způsob zásobování teplem na vytápění a přípravu TUV a také otopný systém.

Tepelná ztráta domu je :	prostupem	6,96 kW	CELKOVÁ 10,29 kW
	infiltrací	3,33 kW	

Celková tepelná charakteristika budovy je :	$q_c = 0,30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
Doporučená hodnota dle ČSN 730540-2	$q_{c,N} = 0,47 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$

Otopný systém je nízkoteplotní podlahový, pouze v zimní zahradě a koupelnách je doplněn otopnými tělesy.

- vytápěná plocha	172 m ²
- vytápěný prostor	440 m ³
- obestavěný prostor	800 m ³

Veškeré rozvody otopné vody jsou provedeny z měděného předizolovaného potrubí DN 28x1,5. Podlahový systém CUPROTHERM používá měděné trubky 14 x 0,8 mm s ochranným potrubím. Jednotlivé okruhy jsou samostatně regulovatelné termoregulačními ventily s čidlem v příslušné místnosti. Centrální ekvitermní regulace STIEBEL ELTRON HRGW 2U zajišťuje ovládání vlastního tepelného čerpadla, třicestného směšovače ovládaného servopohonem.

NÁKLADY

dodávka a montáž tepelného čerpadla	283 213,- Kč
strojovna	122 308,- Kč
rozvody ústředního topení	38 598,- Kč
otopná tělesa	10 526,- Kč
podlahové topení	143 855,- Kč
elektroinstalace pro TČ	19 302,- Kč
zemní vrty 2 x 75 m	165 000,- Kč
plynový kotel	35 789,- Kč
CELKEM	818 591,- Kč
dotace z ČEA	75 000,- Kč

Hodnocení

Po cca ročním provozu tepelného čerpadla byl proveden odečet stavu počtu provozních hodin tepelného čerpadla. V té době byl dům vytápěn, ale nebyl obýván a zároveň zde byly prováděny různé dokončovací práce na interiéru domu.

Celková spotřeba tepla na vytápění tedy byla ovlivněna nadměrným větráním a zároveň zvýšenou spotřebou tepla na vysušení stěn obvodových konstrukcí, omítek a podlah.

Počet provozních hodin tepelného čerpadla k 9.4.2001 včetně zkušebního provozu byl 2 699 hodin. Při příkonu tepelného čerpadla 3 kW představuje spotřeba tepelného čerpadla 8 097 kWh.

z toho	zkušební provoz z	1 097 kWh
vytápění		6 000 kWh
ohřev TUV		1 000 kWh
Provozní parametry tepelného čerpadla :		
teplota primárního média		0,5 °C
teplota topné vody		55 °C
teplota TUV		50 °C
Odečet stavu elektroměru :		
vysoký tarif	NT	41 kWh
nízký tarif	VT	9 557 kWh
z toho	spotřeba tepelného čerpadla	8 097 kWh
	ostatní spotřeba	1 460 kWh

Celkově lze hodnotit akci jako zdařilou a to z několika důvodů :

- tepelné čerpadlo je vhodně navrženo v kombinaci s nízkoteplotním otopným systémem a podlahovým vytápěním
- tepelná charakteristika domu je nižší než je hodnota doporučená normou ČSN 7305402 vzhledem k tomu, že dům je postaven zároveň jako vzorová stavba firmy JOTA, je přístupný případným zájemcům

5. RODINNÝ DŮM – BRNO, PRESLOVA Č.P. 94

Tepelné čerpadlo se solárním akumulátorem pro vytápění RD

Obsah demonstračního projektu

Předmětem projektu je instalace tepelných čerpadel jako zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody (TUV) v rekonstruovaném rodinném domě.

Zdroj sestává ze dvou tepelných čerpadel typu voda – voda jehož výrobcem je firma Stiebel Eltron a to typů WPWE 11 a WPWE 14. Zdroj je doplněn elektrokotlem o výkonu 15 - 18 kW, akumulční zásobníkovou nádrží o obsahu 7000 l a zásobníkem teplé užitkové vody o obsahu 300 l. Celkový tepelný výkon zemního energetického akumulátoru je 22 kW

Dům je po úplné rekonstrukci a dostavbě má zhruba 470 m² vytápěné plochy. Po dostavbě dům dosahuje parametrů nízkoenergetického domu a to :

- sendvičovou tepelnou izolací vnějšího pláště
- nízkoteplotní podlahovou otopnou soustavou
- zdrojem tepla pro vytápění – tepelná čerpadla typu voda – voda využívající jako zdroj nízkopotenciálního tepla zemní kolektor a energetický akumulátor (energetickou hvězdu a betonový plot)
- nuceným větráním vzduchotechnickou jednotkou s rekuperací

Tepelná ztráta budovy :

prostupem	Q_p	=	13 317	W
infiltrací	Q_i	=	4 352	W
větrání bazénu s rekuperací	Q_v	=	2 000	W
CELKEM	Q_c	=	19 668	W

Základní provozní údaje

Z provozních zkušeností se ukázalo, že energetický akumulátor je schopen plně krýt potřebu nízkopotenciálního tepla pro tepelná čerpadla až do teplot -9°C . Prakticky to znamená, že tepelná čerpadla jsou schopna krýt celoroční potřebu tepla na vytápění a přípravu TUV a pouze asi dva dny v roce dochází k automatickému připojení bivalentního zdroje – přímotopného elektrokotle.

Nízkoteplotní vytápění je řízeno časovým programátorem a ekvitermní regulací

Náklady

nízkoteplotní otopný systém	649 086,- Kč
zdroj tepla - tepelná čerpadla a strojovna	588 284,- Kč
nucené větrání s rekuperací	194 540,- Kč
elektroinstalace a regulace	96 500,- Kč
zemní a stavební práce (energetický akumulátor)	529 000,- Kč
CELKEM	2 057 410,- Kč

dotace z ČEA

360 000,- Kč

Hodnocení

Dům po dostavbě a zateplení má dle výpočtu tepelnou ztrátu 17,67 kW. Celková tepelná charakteristika objektu je $0,39 \text{ W/m}^3 \cdot \text{K}$. Přitom Požadovaná hodnotanízkoenergetického domu je $q_{eN} = 0,48$ a doporučená $= 0,38 \text{ W/m}^3 \cdot \text{K}$.

Odběr elektrické energie pro tepelné čerpadlo je v sazbě D 55 s hlavním jističem 3 x 32 A. V této sazbě je :

stálý měsíční plat	227 Kč	
za odběr 1 kWh ve vysokém tarifu (VT)	3,6 Kč/kWh	2 hodiny denně
za odběr 1 kWh v nízkém tarifu (NT)	0,9 Kč/kWh	22 hodin denně

Celková spotřeba elektrické energie za rok : 32 668 kWh

Celková vysoká spotřeba elektrické energie je dána tím, že obě domácnosti jsou plně elektrifikovány (sporák, trouba, pračka, myčka nádobí, sušička prádla). Další významná spotřeba je dána provozem krytého bazénu (vzduchotechnika, čerpadla).

spotřeba el. energie tepelného čerpadla 14 000 kWh v nízkém tarifu

Roční náklady na vytápění :

stálý plat	6 měsíců (227 Kč/měsíc)	1 362,- Kč
odběr v nízkém tarifu 14 000 x 0,9		12 600,- Kč
CELKEM vytápění		13 962,- Kč

Návratnost vychází ovšem relativně vysoká vzhledem k netradičnímu a ojedinělému řešení primárních zdrojů tepla (kombinace zemního kolektoru, energetické hvězdy a energetického plotu).

DĚTSKÝ VÝCHOVNÝ ÚSTAV, HAMR NA JEZEŘE

Cílem projektu byly úspory energie zateplením objektů, rekonstrukcí otopné soustavy a náhradou koksové kotelný za strojovny s tepelnými čerpadly.

Náklady

Investiční náklady na opatření:	celkem:	10 489	tis. Kč
	stavební část:	5 562	tis. Kč
	technologická část:	4 927	tis. Kč
Náklady na projekt, licenci či přenos know-how:		122	tis. Kč
Finanční zdroje:	vlastní	7 611	tis. Kč
Výše státní podpory:		3 000	tis. Kč

Charakteristika objektu (zařízení) - původní stav

Objekt č. 1 – Škola, Objekt č. 2 – Zuzana, Objekt č. 3 – Berta, Objekt č. 4 Rachmanka	
Rok 1920 - 1930	Vytápěná plocha : 941,15 m ²
výstavby:	
Způsob tradiční cihelné zdivo	Obestavěný prostor : 2656,30 m ³
výstavby:	

Zdrojem tepla pro vytápění a ohřev TUV byla koksová kotelná v přístavbě objektu č. 4 se dvěma nízkotlakými teplovodními kotli VSB1, instalovanými v roce 1989. Vyrobené teplo bylo rozváděno do jednotlivých objektů (objekt č. 1 není připojen). Do Zuzany a Berty bylo teplo přiváděno teplovodním potrubím v kanálu pod úroveň terénu. Rozvody měli nedokonalou tepelnou izolaci, provedeny byly jako provizorní a jejich stav byl naprosto nevyhovující.

Otopné soustavy v jednotlivých objektech byly neudržované, zastaralé s nevyhovujícími hydraulickými poměry, což mělo za následek nedotápění nebo přetápění jednotlivých částí budov. Regulace fakticky nebyla žádná a radiátorové armatury nejsou použitelné ani jako uzavírací.

Ohřev TUV byl kombinovánými ohřivači instalovanými v jednotlivých objektech.

Spotřeba energie pro vytápění a ohřev TUV nebyla měřena ani vyhodnocována, k dispozici jsou pouze faktury za koks a elektrickou energii.

Koncepce projektu

Pro všechny čtyři objekty jsou navržena principiálně stejná opatření, vedoucí ke snížení spotřeby energie. Je to zejména dodatečná tepelná izolace obvodových konstrukcí (Lignopor tl. 75 mm, polystyrénu tl. 100mm), podlah (pěnového polystyrénu tl. 60 mm pod podlahovým vytápěním.) a střech (desky Orsil tl. 120 mm), kompletní výměna všech otvorových výplní za plastové výplně s izolačními dvojskly ($k = 1,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$).

Původní kotelná je zrušena, v objektech je navrženo podlahové vytápění (zdrojem tepla pro ohřev topné vody a TUV bude geotermální energie podzemní vody), v objektech Zuzana, Berta a Rachmanka jsou strojovny s tepelnými čerpadly.

Vytápěná plocha po realizaci je	2 253 m ² ,
obestavěný prostor	6 319,05 m ³ ,
z toho vytápěný prostor je	6 013,65 m ³ .

Vytápění a ohřev TUV

★ Návrh řešení zásobování teplem vychází z charakteru provozu celého zařízení. Původní koksová kotelná v objektu Rachmanka je zrušena. Ve všech čtyřech objektech jsou navrženy nízkoteplotní otopné soustavy s podlahovým vytápěním (parametry topné vody 49/39°C). Zdrojem tepla pro ohřev topné a teplé užitkové vody je geotermální energie podzemní vody získávaná z vrtů. Potenciál energie podzemní vody je zvyšován tepelnými čerpadly voda-voda, umístěnými ve strojovnách v jednotlivých objektech, přičemž pro objekty Zuzana a Škola je společná strojovna, umístěná v objektu Zuzana.

★ Pro ohřev TUV jsou ve všech strojovnách instalovány ohřivače o objemu 2 500 l. Velký objem ohřivačů je navržen z toho důvodu, že topná voda z tepelných čerpadel ohřívá teplou užitkovou vodu pouze na 40°C.

Předpokládané úspory

Roční spotřeby energie a paliv před rekonstrukcí		
Elektřina	138 572 kWh	498,859 GJ
Koks	92,42 t	2 342 GJ
Propan-butan	1 056 kg	48,682 GJ
Celkem		2889 GJ

Rozdělení spotřeby energie podle způsobu užití před rekonstrukcí		
	kWh	GJ
Vytápění	641 148	2 307
Ohřev TUV	70 000	252
Vytápění + ohřev TUV		2559 GJ
Vaření, osvětlení, ostatní	92 039	331
Celkem	803 187	2890 GJ

Roční spotřeby energie po rekonstrukci - předpoklad									
		Rachmanka		Zuzana a Škola		Berta		Celkem	
		kWh	GJ	kWh	GJ	kWh	GJ	kWh	GJ
Roční spotřeba tepla	vytápění	127 855	460,278	110 653	398,351	59 976	215,913	298 484	1074,542
	ohřev TUV	42 441	152,788	42 441	152,788	42 441	152,788	127 323	458,364
	celkem	170 296	613,066	153 094	551,139	102 417	368,701	425 807	1 532,91
Roční spotřeba el. Energ.		43 666	157,198	39 255	141,318	26 261	94,54	109 152	393,03

Dosažená úspora energie pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody : $2559 - 1533 = 1\,026 \text{ GJ / rok} = 40 \%$

Dosažená úspora vstupního paliva : $2\,342 - 393 = 1\,949 \text{ GJ / rok} = 83,2 \%$

Skutečná dosažená úspora energie			
	spotřeba před realizací	spotřeba po realizaci	úspora (GJ/rok = %)
CZT [GJ/rok]	2 426	612	
elektřina [MWh/rok]	85,4	23,7	
koks [t/rok]	92,5	-	
dřevo [t/rok]	10,5	-	
PB [t/rok]	1,06	0,5	
Celkem [GJ/rok]	2 782	876	1906 = 68,5 %