

OBSAH	5
1. ÚVOD	10
1.1 Výhody a nevýhody systému	10
1.1.1 Výhody	11
Tepelný komfort.....	11
Spotřeba energie.....	11
Přívod vzduchu.....	12
Samoregulační schopnost.....	13
1.1.2 Nevýhody.....	14
Riziko kondenzace a omezení výkonu.....	14
Investiční náklady	14
2. HISTORIE SÁLAVÝCH CHLADICÍCH SYSTÉMŮ	15
3. SDÍLENÍ TEPLA V PROSTORU SE SÁLAVÝM CHLAZENÍM.. 18	
3.1 Přenos tepla konvekcí	18
3.1.1 Přestup tepla.....	19
3.1.2 Kriteriaální rovnice.....	19
3.1.3 Přirozená konvekce.....	20
3.1.4 Konvektivní proudy podél chladných svislých stěn.....	22
Výsledky publikovaných experimentů.....	22
3.1.5 Konvektivní proudy podél chladných vodorovných povrchů	26
Výsledky publikovaných experimentů.....	26
3.2 Přenos tepla sáláním.....	32
3.2.1 Základní pojmy	32
3.2.2 Základní zákony sálání	33
Planckův vyzařovací zákon.....	33
Lambertův směrový (kosinový) zákon	33
Wienův posouvací zákon	34
Stefan - Boltzmannův zákon	34
Kirchhoffův zákon	35
3.2.3 Sálání mezi dvěma obecně položenými plochami	36
Poměr osálání	38
3.2.4 Geometrie sálání	39
Sálající bod.....	39
Sálající plošný element	40
Osálání obdélníkových ploch.....	41
Osálání obdélníkové plochy úzkým pruhem.....	42
Osálání povrchu lidského těla	44
Adiční pravidlo.....	49
3.2.5 Střední radiační teplota	52
Manuální výpočet.....	53
Simulační výpočet.....	55

4.	TEPELNÝ KOMFORT.....	56
4.1	Teplná pohoda člověka.....	56
4.2	Teplná rovnováha člověka	56
4.2.1	Výsledná teplota	58
4.2.2	Operativní teplota	59
	Legislativa a operativní teplota	62
	Platné normy a operativní teplota	62
4.2.3	Standardní (Fangerův) model tepelného komfortu	62
4.2.4	Adaptivní model tepelného komfortu.....	67
4.3	Lokální diskomfort.....	67
4.3.1	Nebezpečí vzniku průvanu	68
	Riziko vzniku průvanu v prostoru s chladicím stropem	70
4.3.2	Asymetrie radiační teploty.....	71
	Rovinná radiační teplota	71
	Analytické stanovení asymetrie radiační teploty	71
	Lokální diskomfort vlivem sálavé asymetrie	72
	Sálavý povrch.....	73
	Asymetrie radiační teploty a sálavé chladicí systémy	73
4.3.3	Přípustné povrchové teploty podlahy	75
4.3.4	Vertikální rozdíly teploty vzduchu	76
	Distribuce teploty vzduchu v prostoru s chladicím stropem.....	76
4.4	Kvalita vnitřního vzduchu (IAQ) a sálavé chlazení.....	78
4.5	Měření a posuzování tepelné pohody při sálavém chlazení	79
4.5.1	Teplota vzduchu.....	79
	Odporové snímače.....	79
	Polovodičové odporové senzory– termistory.....	81
4.5.2	Střední radiační teplota	81
4.5.3	Relativní vlhkost vzduchu	82
	Teplota rosného bodu	82
4.5.4	Rychlost proudění.....	84
4.5.5	Intenzita turbulence	84
4.5.6	Asymetrie radiační teploty.....	85
4.5.7	Multifunkční měřicí zařízení	86
5.	TYPY SÁLAVÝCH CHLADICÍCH SYSTÉMŮ	88
5.1	Potrubní chladicí systémy	91
5.1.1	Materiál potrubí	91
5.1.2	Podlahové a stěnové chlazení	94
	Tvarování potrubního hadu	94
	Mokrý způsob pokládky.....	96
	Suchý způsob pokládky.....	97
5.2	Kapilární rohože.....	99
5.2.1	Materiál kapilárních rohoží	99
5.2.2	Typy kapilárních rohoží.....	100
5.2.3	Provoz systému	102

Požadavky na kvalitu vody	102
5.3 Sálavé chlazení s akumulací hmotou - aktivace betonu	102
5.3.1 Vodní systémy	103
Uložení potrubí.....	103
5.3.2 Vzduchové systémy	104
5.3.3 Výhody a nevýhody systému.....	105
5.4 Chladicí panely.....	105
5.4.1 Kontaktní systém	105
5.4.2 Sendvičové konstrukce	107
5.5 Otevřené chladicí stropy	107
5.5.1 Konstrukce otevřených stropů	109
5.6 Speciální provedení.....	110
5.7 Chladicí stropy s přímým vypařováním chladiva	111
6. VÝKONY SÁLAVÝCH CHLADICÍCH PLOCH	112
6.1 Teoretický výpočet střední teploty chlazeného povrchu	112
6.1.1 Vedení tepla prismatickou tyčí.....	112
6.1.2 Vedení tepla v desce s válcovými zdroji tepla	114
6.2 Stanovení měrného výkonu sálavých chladicích ploch	117
6.2.1 Příklad stanovení chladicího výkonu.....	119
Porovnání efektivnosti systému	122
6.2.2 Lamelové plochy	123
6.2.3 Otevřené chladicí stropy	125
6.3 Stanovení chladicího výkonu podle Evropských norem.....	127
6.3.1 Stanovení chladicího výkonu podle EN 1264	127
6.3.2 Stanovení chladicího výkonu podle EN 15377	130
Stanovení tepelných odporů.....	131
7. TECHNICKÉ ASPEKTY SÁLAVÝCH SYSTÉMŮ	136
7.1 Hydraulická zapojení sálavých chladicích systémů.....	136
7.1.1 Dvoutrubkový systém.....	136
7.1.2 Třítrubkový systém.....	137
7.1.3 Čtyřtrubkový systém.....	137
7.2 Větrání v prostoru se sálavým chlazením	138
7.2.1 Nucené větrání	138
7.2.2 Přirozené větrání oknem	140
7.3 Regulace sálavých chladicích systémů	141
7.3.1 Ochrana proti kondenzaci vodních par	142
Kvantitativní regulace	143
Kvalitativní regulace	144
Kombinovaný způsob regulace	145
7.3.2 Instalace čidel rosného bodu.....	145
Umístění čidla v omítnutém stropě	145
7.3.3 Regulace systému s akumulací hmotou.....	146
7.4 Tlaková ztráta sálavých chladicích systémů	148
7.4.1 Tlakové ztráty potrubí	148

Proudění tekutiny v potrubí.....	148
Tlakové ztráty třením	149
Tlaková ztráta místními odpory	150
7.4.2 Tlakové ztráty kapilárních rohoží.....	150
7.5 Zdroje tepla pro sálavé systémy.....	151
7.5.1 Příklady zapojení	151
8. ZKOUŠENÍ SÁLAVÝCH CHLADICÍCH SYSTÉMŮ	155
8.1 Metodika a podmínky měření	155
8.2 Vlastní měření.....	156
8.3 Jmenovitý výkon	156
9. NÁVRH SYSTÉMU.....	161
9.1 Návrh sálavých (uzavřených) chladicích stropů.....	161
9.1.1 Podklady pro výpočet	161
9.1.2 Měrná tepelná zátěž prostoru citelným teplem.....	161
9.1.3 Měrný výkon přiváděného vzduchu	162
9.1.4 Výkon stropu	162
9.1.5 Dispoziční plocha stropu	162
9.1.6 Potřebný chladicí výkon stropu	163
9.1.7 Parametry vody.....	163
9.1.8 Reálný výkon chladicího stropu	163
Součinitel prostoru	164
9.1.9 Porovnání výkonů.....	165
9.1.10 Přivedený chladicí výkon	166
9.1.11 Příklad výpočtu.....	167
9.2 Návrh konvektivních (otevřených) chladicích stropů.....	170
10. INSTALACE A PRAKTICKÉ APLIKACE.....	173
Administrativní budovy	173
Nemocnice	173
Průmyslové aplikace	174
Ostatní aplikace.....	174
10.1 Potrubní systémy	174
10.1.1 Stropní chlazení	174
10.1.2 Podlahové chlazení	175
10.1.3 Stěnové chlazení	176
10.2 Kapilární rohože.....	178
10.2.1 Chladicí stropy.....	179
10.2.2 Podlahové a stěnové chlazení (vytápění)	181
10.2.3 Celoplošný systém.....	182
10.2.4 Kapilární rohože jako součást betonové konstrukce	185
10.2.5 Průmyslové aplikace.....	185
Využití odpadního tepla	186
Laboratoře	186
10.2.6 Rekonstrukce	187
10.2.7 Speciální aplikace	187

10.3	Sálavé chlazení s akumulací hmotou - aktivace betonu	188
10.3.1	Rekonstrukce budov se sálavým vytápěním	190
10.4	Chladicí panely.....	191
10.4.1	Kontaktní panely.....	191
10.4.2	Sendvičové konstrukce	193
10.5	Otevřené chladicí stropy	194
11.	LITERATURA	197
12.	PŘÍLOHY	206
Příloha A -	Střední hodnoty poměrů osálení podle Fangera.....	206
Příloha B -	Tepelné vodivosti vybraných stavebních materiálů	210
Příloha C -	Výkonové charakteristiky podle EN 1264 a EN 15377	211
Příloha D -	Seznam producentů sálavých chladicích a otopných systémů.....	217