



České vysoké učení technické v Praze
Univerzitní centrum energeticky efektivních budov
Třinecká 1024
273 43 Buštěhrad
www.uceeb.cz

Analýza sálové charakteristiky elektrických topných panelů FENIX

závěrečná zpráva o výsledcích

Kontaktní osoba:
prof. Ing. Karel Kabele, CSc
RP3 - vnitřní prostředí
e-mail: kabele@fsv.cvut.cz

OBSAH

(1)	PŘEDMĚT ZAKÁZKY	3
(1.1)	Základní údaje o zakázce	3
(1.2)	Úvod	4
(2)	METODIKA MĚŘENÍ A ANALÝZY VÝSLEDKŮ	4
(2.1)	Popis měřicí situace	4
(2.2)	Postup měření	5
(2.3)	Měřicí přístroje a zařízení	5
(2.4)	Souhrn měřených veličin	6
(2.5)	Popis analýzy měřených dat	6
(3)	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	8
(3.1)	ECOSUN S+ 09	8
(3.2)	ECOSUN S+ 12	11
(3.3)	ECOSUN S+ 18	14
(3.4)	ECOSUN S+ 24	17
(3.5)	ECOSUN S+ 30	20
(3.6)	ECOSUN S+ 36	23
(3.7)	ECOSUN 700 U	26
(3.8)	ECOSUN 1000 U	29
(3.9)	ECOSUN TH 10	32
(3.10)	ECOSUN TH 15	35
(4)	FOTODOKUMENTACE	38
(5)	ZÁVĚR	41

(1) Předmět zakázky

(1.1) Základní údaje o zakázce

Zkušební laboratoř:	ČVUT v Praze, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov RP3 - Laboratoř vnitřního prostředí Třinecká 1024 273 43 – Buštěhrad
Zákazník:	FENIX Trading s.r.o. Slezská 535/2, 790 01, Jeseník
Předmět analýzy:	analýza sálavé charakteristiky elektrických panelů zadavatele.
Průběh analýzy:	říjen - prosinec 2016
Místo provedení:	Buštěhrad
Zodpovědná osoba:	prof. Ing. Karel Kabele, CSc
Zpracovali:	Ing. Ondřej Nehasil Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.

(1.2) Úvod

Tato zpráva shrnuje výsledky analýzy sálavých charakteristik elektrických sálavých panelů zadavatele.

Popis měřených otopných systémů

V průběhu analýzy byly zjištěny charakteristické vlastnosti 10 sálavých panelů.

- ECOSUN S+ 09
- ECOSUN S+ 12
- ECOSUN S+ 18
- ECOSUN S+ 24
- ECOSUN S+ 30
- ECOSUN S+ 36
- ECOSUN 700 U
- ECOSUN 1000 U
- ECOSUN TH10
- ECOSUN TH15

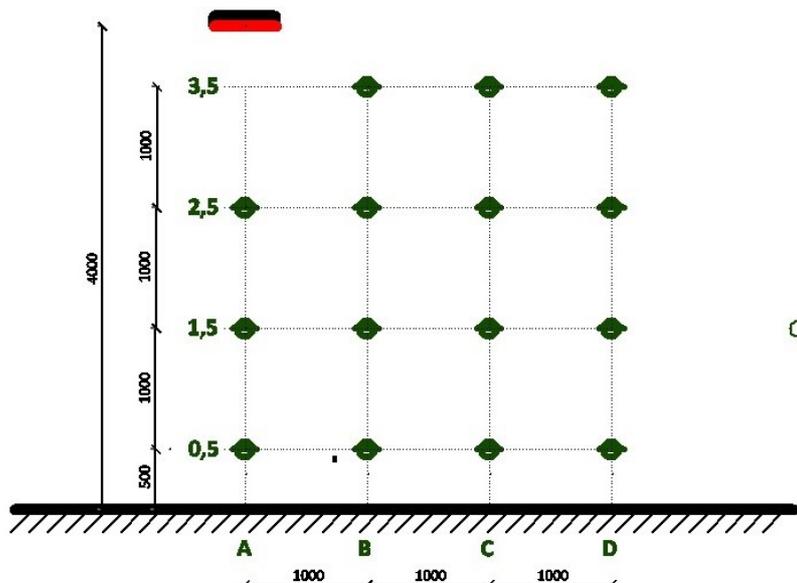
(2) Metodika měření a analýzy výsledků

(2.1) Popis měřící situace

Měření jednotlivých panelů probíhalo v hale univerzitního centra UCEEB ve vymezeném prostoru o ploše 8 x 6 m, v jejímž středu byl na portálovém jeřábu zavěšen panel.

Každý testovaný sálavý panel byl uchycen na pomocné konstrukci a zavěšen ve výšce 4 m nad podlahou. V této výšce byl vodíci lany fixován do horizontální polohy, což bylo stále kontrolováno vodováhou umístěnou na pomocné konstrukci.

Měřicí síť pokrývala polovinu roviny vedené středem panelu. V ní bylo umístěno 15 měřících bodů ve vzájemné vzdálenosti 1 x 1 m (Obr. 2-1). Bod těsně pod panelem nebyl měřen, neboť dosažené hodnoty překračovaly měřicí rozsah použitých přístrojů. Současně byl stanoven srovnávací měřicí bod v místě neovlivněném sáláním měřeného panelu.



Obr. 2-1 Schéma měřicí sítě v rovině osy sálavého panelu

(2.2) Postup měření

Každý panel byl po zavěšení vyrovnán do horizontální polohy a fixován, aby středem odpovídal počátku měřicí sítě. Po připojení do elektrické sítě byl ustálen po dobu minimálně 3 h, aby došlo k ustálení nejen panelu, ale i ploch v přímém poli sálání (především podlaha). Ustálení bylo posuzováno utlumením změny povrchové teploty panelu.

Před měřením veličin v jednotlivých bodech sítě předcházelo měření ve srovnávacím bodě. Tímto měřením byla série daného panelu i zakončena. Měření v síti probíhalo postupně po jednotlivých bodech, pro každý panel bylo opakováno třikrát.

Souběžně byly měřeny doplňkové parametry okolního prostředí a teploty vzduchu nad panelem. Po ustálení byl rovněž změřen orientační elektrický příkon.

Na závěr byl termokamerou vytvořen termosnímek čelní plochy panelu a zadního krytu.

(2.3) Měřicí přístroje a zařízení

Tabulka 2-1 Souhrn vlastností použitých přístrojů

Popis	Typ	Rozsah	Přesnost	Číslo čidla
Měřicí ústředna „Indoor Climate Analyzer	Brüel & Kjær type 1213			1406645
Čidlo pro měření radiační asymetrie	Radiant Temperature Asymmetry Transducer MM 0036	± 50 °C (teplota vzduchu)	$\pm 0,05$ K při $(t_r - t_a) < 15$ K, $\pm 0,05$ až $\pm 2,0$ K při $15 < (t_r - t_a) < 50$ K	372-010
Měřicí ústředna	Datataker DT85-3	3 V	0,08 mV	106146
Teplota a relativní vlhkost	HC-2-S + E2-XX	-50 až 100 °C, 0 až 100 %	0,3 °C, 2,7 %	20043030

Rychlost proudění vzduchu s převodníkem	SVO hotwire	0,5 až 3 m/s	0,13 m/s	4F150807719
Teplota vzduchu (4 ks)	TG8-40, Pt 1000	-20 až 60 °C	0,21 °C	30704/1015, 30705/1015, 30125/1015 30709/1015
Elektrický příkon – 1f	EKM 265	1,5 W - 2650 W	±1 %	-
Elektrický příkon – 3f	Voltcraft VC-5900LED	0,001 – 750 V, 0,01 – 600 A	0,8 %	-
Termokamera	InfraTec VarioCAM HD 1024 x 768 IR px	teplotní rozsah -40 až 1200 °C	1,5 K (nebo 1,5 %)	1007616
Vodováha				

(2.4) Souhrn měřených veličin

Tabulka 2-2 Souhrn měřených veličin

Název	Značka	Jednotka
Měrný sálavý tepelný tok v horizontální rovině	q	W/m ²
Střední radiační teplota	t_r	°C
Rozdíl radiační teploty v horizontální rovině v poli sálání panelu proti okolí	$\Delta t_{r,H}$	K
Teplota vzduchu	t_a	°C
Relativní vlhkost vzduchu	φ_a	%
Elektrický příkon 1f	P_{el}	W
Elektrický proud (pro 3f)	I_{el}	A

(2.5) Popis analýzy měřených dat

Přírůstek radiační teploty je rozdílem radiační teploty horní hemisféry v bodě měření a radiační teploty horní hemisféry v laboratoři v místě neovlivněném sáláním panelu. Zobrazená hodnota přírůstku radiační teploty v daném bodě je pak aritmetickým průměrem ze třech provedených měření a sub-výpočtů.

Hodnota měrného sálavého toku představuje sálavý tok na horizontální rovině, způsobený panelem. Z celkového měrného sálavého toku byl určen odečtením hodnoty měrného sálavého toku změřené v místě neovlivněném sáláním panelu. Zobrazená hodnota přírůstku sálavého toku

v daném bodě je pak rovněž aritmetickým průměrem ze třech provedených měření a sub-výpočtů.

Zobrazené izočáry pro měrný sálavý tok jsou pouze orientační. Jsou grafickým vyjádřením sálání panelu, při úvaze kombinace kvadratického a lineárního útlumu sálavého toku v závislosti na vzdálenosti měřeného bodu od panelu a dále vlivu směrového úhlu sálání (polynom třetího stupně). Přestože při tomto vyjádření je poměrně dobrá shoda s měřenými daty, při rozporu mají přednost prezentovaná číselná data před izočárami.

Termosnímky čelní plochy panelu a zadního krytu prezentují přibližné teplotní pole a přibližnou maximální teplotu.

(3) Výsledky měření

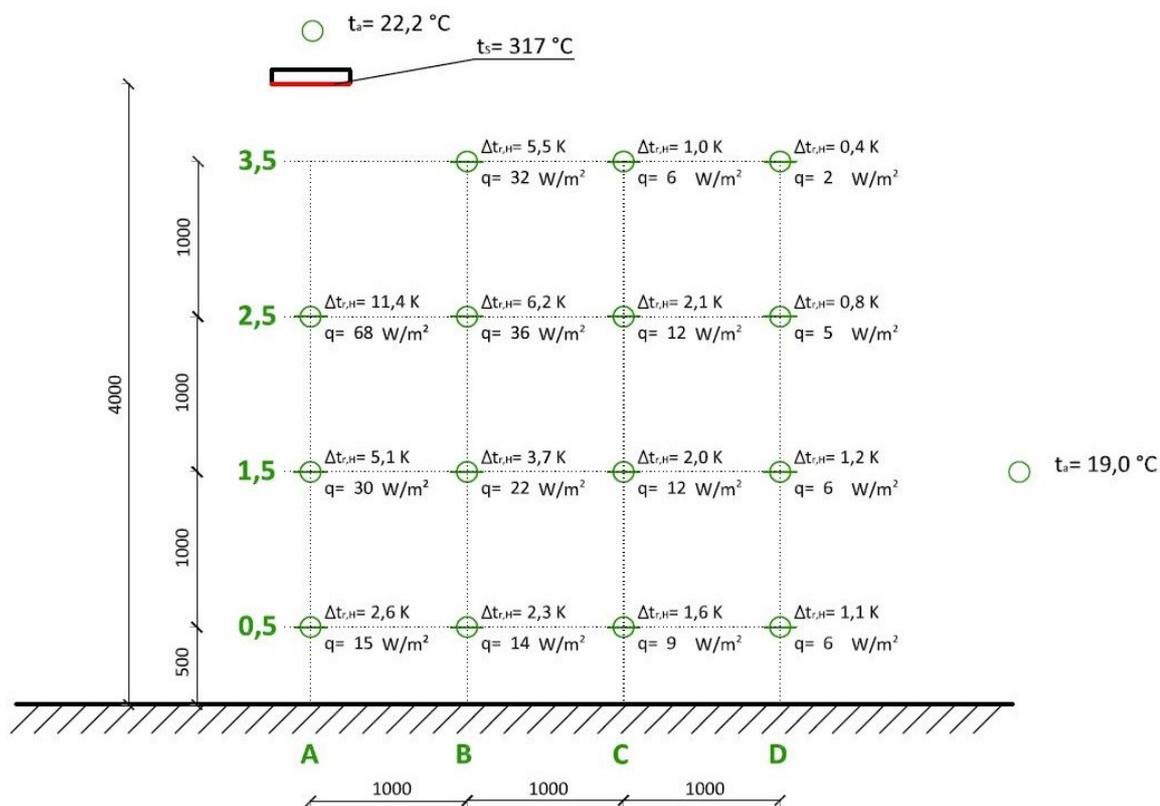
(3.1) ECOSUN S+ 09

Tabulka 3-1 Parametry měřeného panelu Ecosun S+ 09

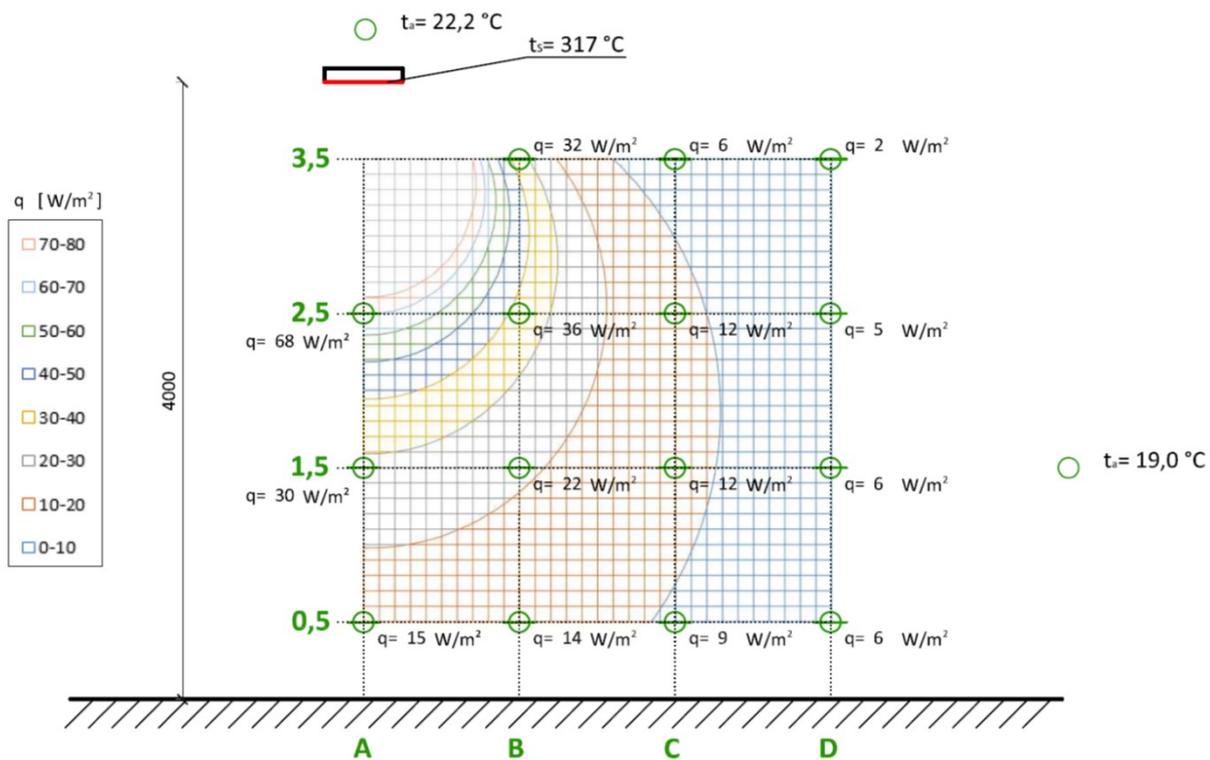
Typ panelu, výrobce	ECOSUN S+ 09, FENIX Trading s.r.o.
Jmenovitý příkon	900 W
Rozměry (délka, šířka, výška)	1550 mm, 150 mm, 60 mm

Tabulka 3-2 Parametry podmínek měření

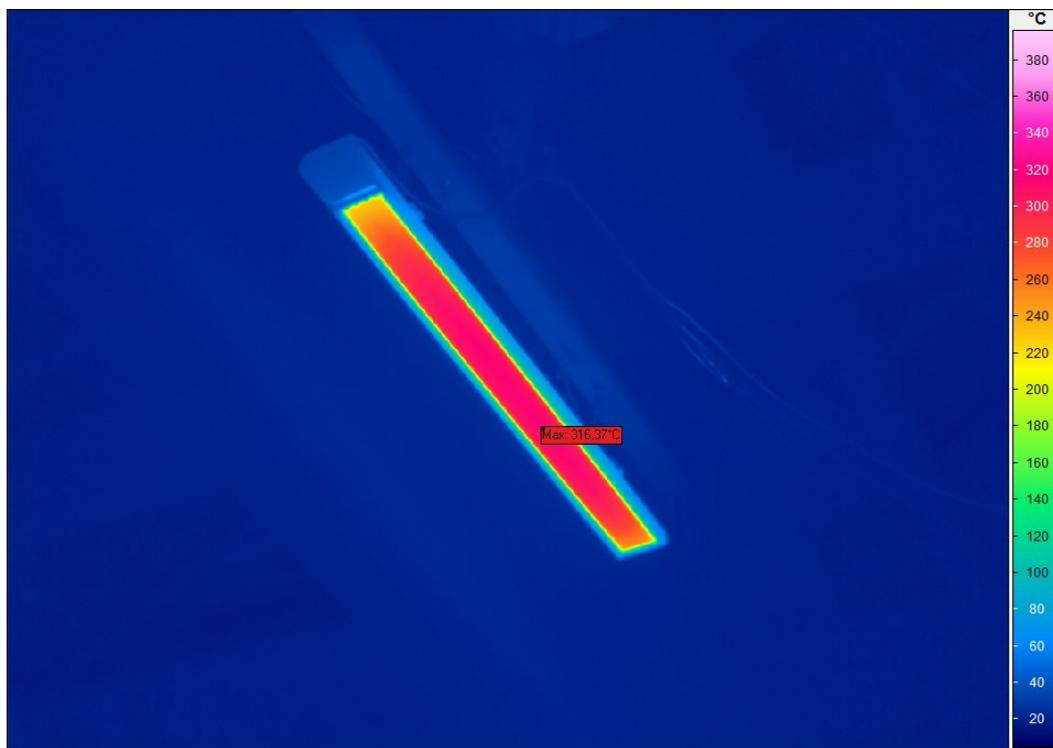
Radiační teplota v okolí	19 °C
Teplota vzduchu v okolí	19 °C
Povrchová teplota panelu	317 °C
Teplota vzduchu nad panelem	22,2 °C
Rychlost proudícího vzduchu	0 m/s
Relativní vlhkost vzduchu	32,6 %

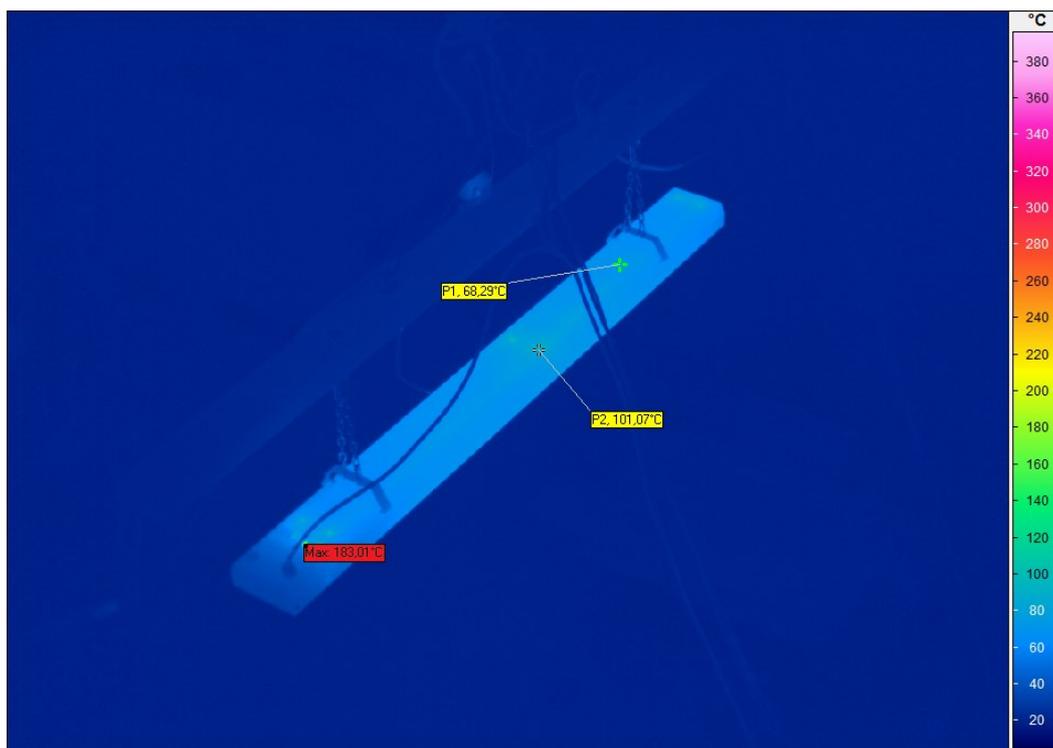


Obr. 3-1 Výsledné přírůstky střední radiační teploty vůči okolí a měrné tepelné toky v poli sálání panelu Ecosun S+ 09



Obr. 3-2 Pole měrného tepelného toku sáláním panelu Ecosun S+ 09





Obr. 3-3 Termosnímky povrchových teplot čelní plochy a zadního krytu panelu Ecosun S+ 09

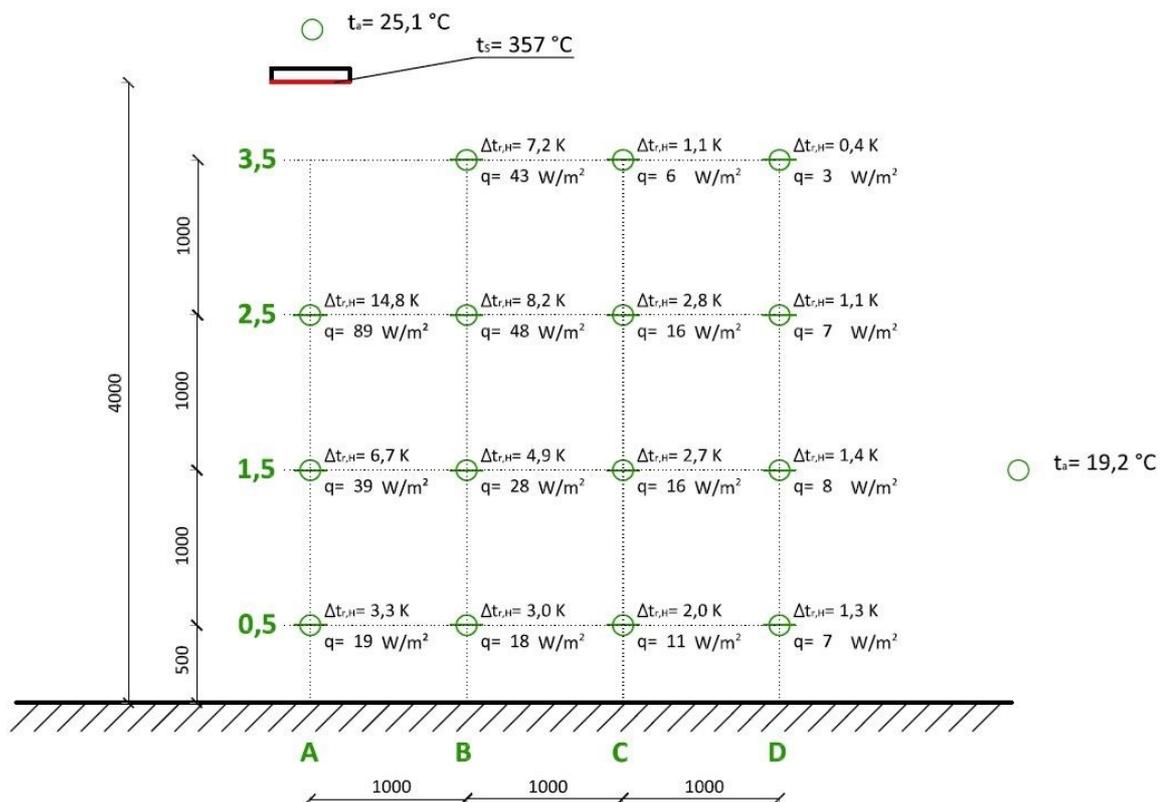
(3.2) ECOSUN S+ 12

Tabulka 3-3 Parametry měřeného panelu Ecosun S+ 12

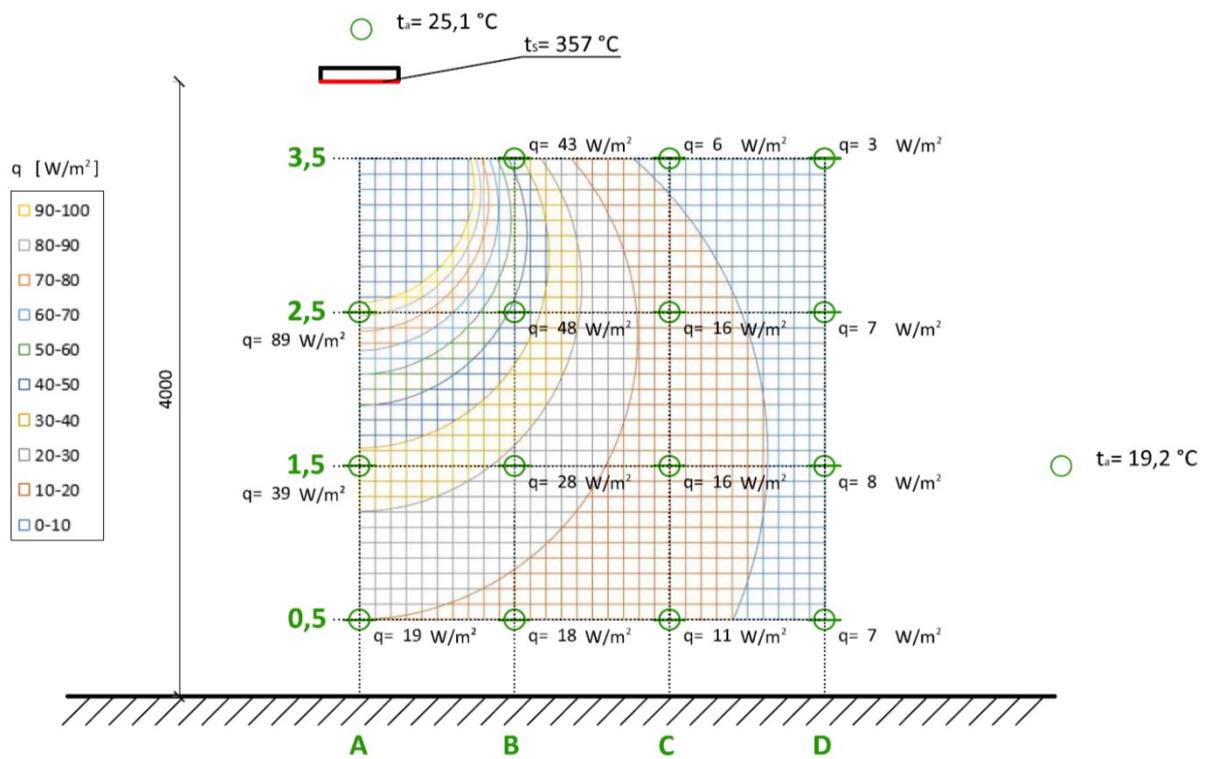
Typ panelu, výrobce	ECOSUN S+ 12, FENIX Trading s.r.o.
Jmenovitý příkon	1200 W
Rozměry (délka, šířka, výška)	1550 mm, 150 mm, 60 mm

Tabulka 3-4 Parametry podmínek měření

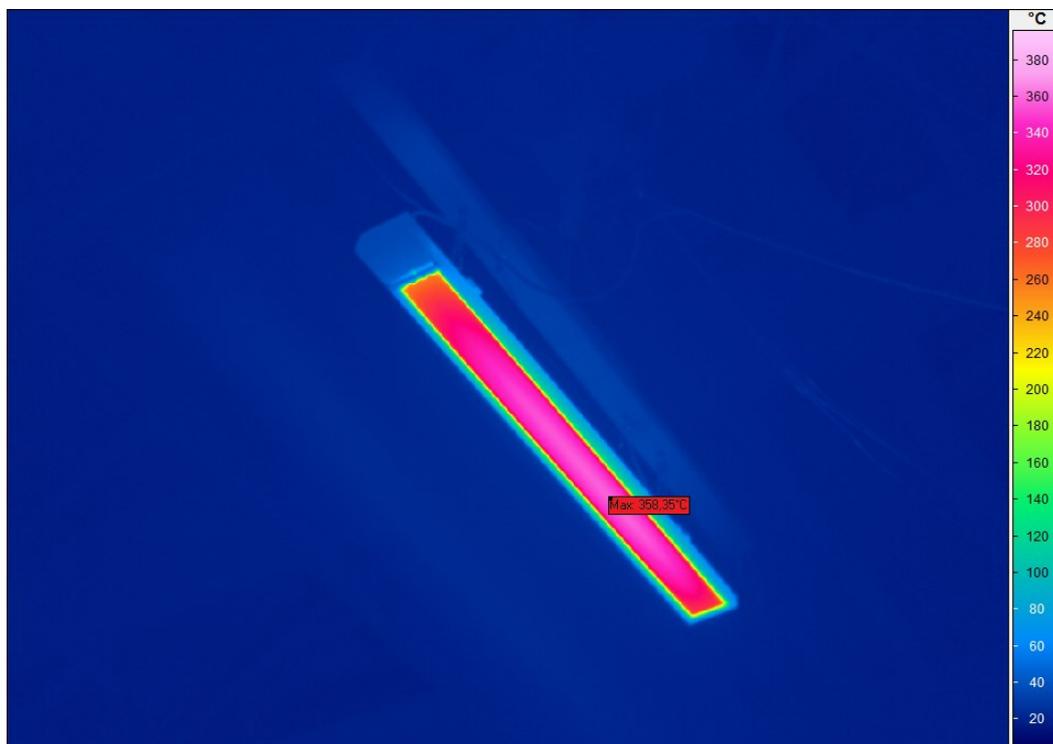
Radiační teplota v okolí	19,2 °C
Teplota vzduchu v okolí	18,9 °C
Povrchová teplota panelu	357 °C
Teplota vzduchu nad panelem	25,1 °C
Rychlost proudícího vzduchu	0,01 m/s
Relativní vlhkost vzduchu	31,8 %

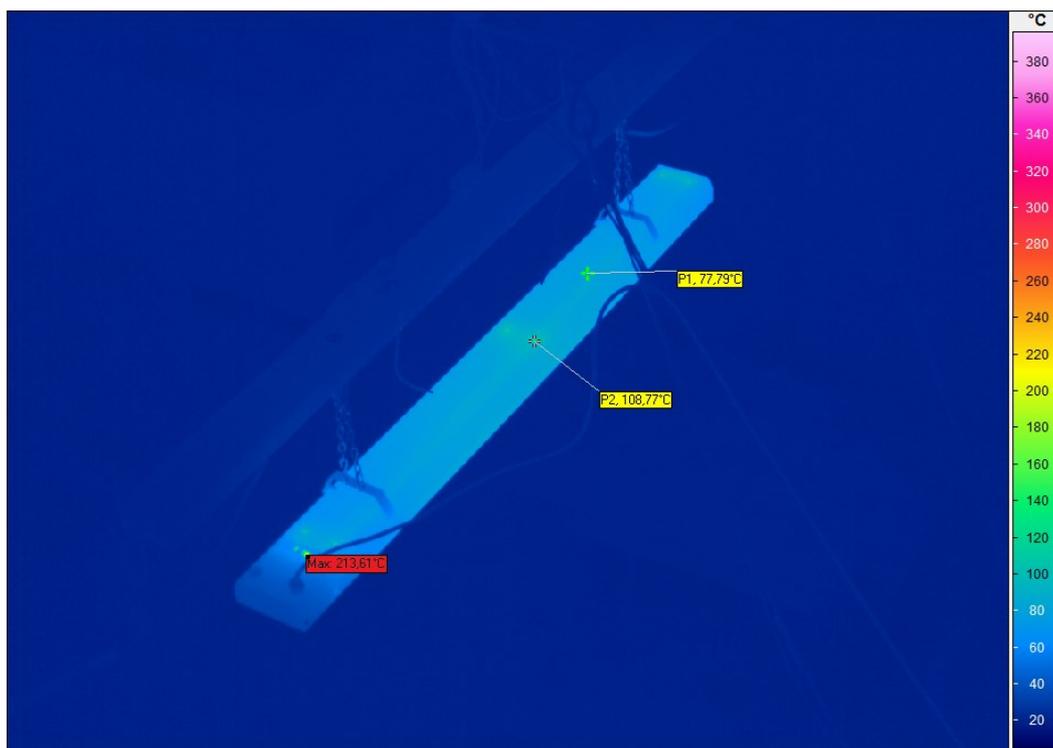


Obr. 3-4 Výsledné přírůstky střední radiační teploty vůči okolí a měrné tepelné toky v poli sálání panelu Ecosun S+ 12



Obr. 3-5 Pole měrného tepelného toku sáláním panelu Ecosun S+ 12





Obr. 3-6 Termosnímky povrchových teplot čelní plochy a zadního krytu panelu Ecosun S+ 12

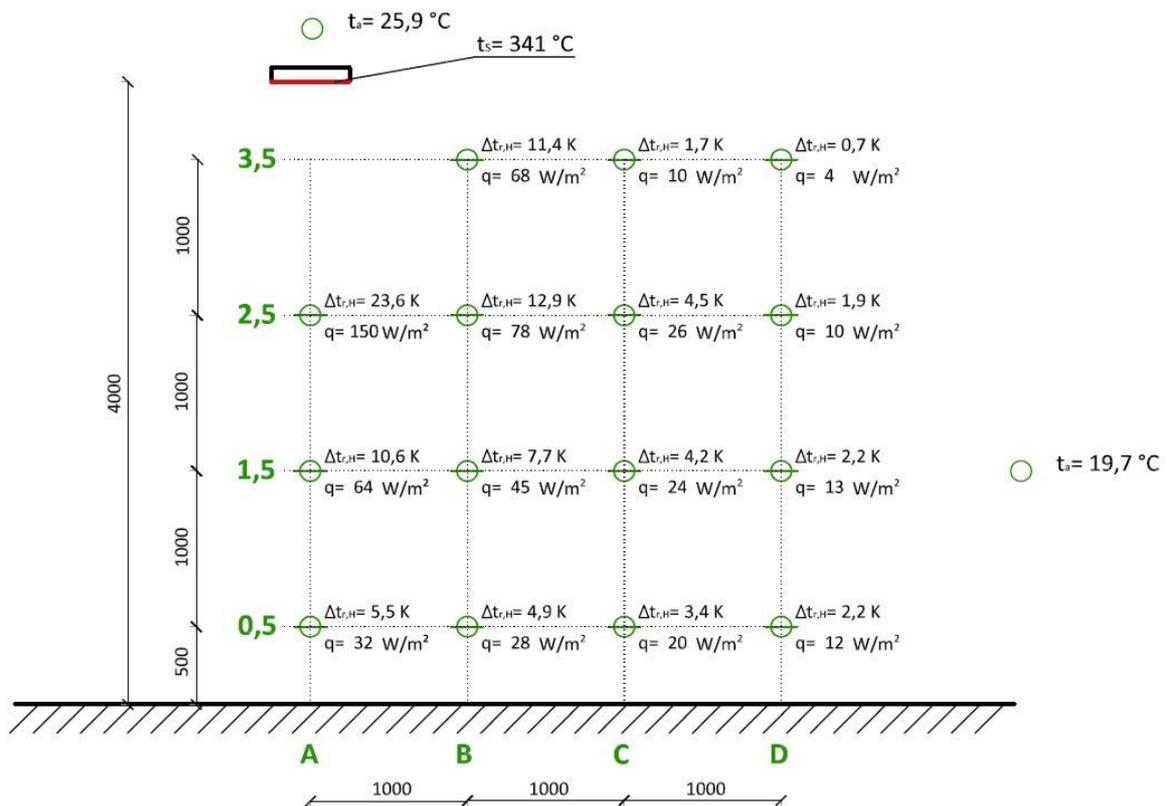
(3.3) ECOSUN S+ 18

Tabulka 3-5 Parametry měřeného panelu Ecosun S+ 18

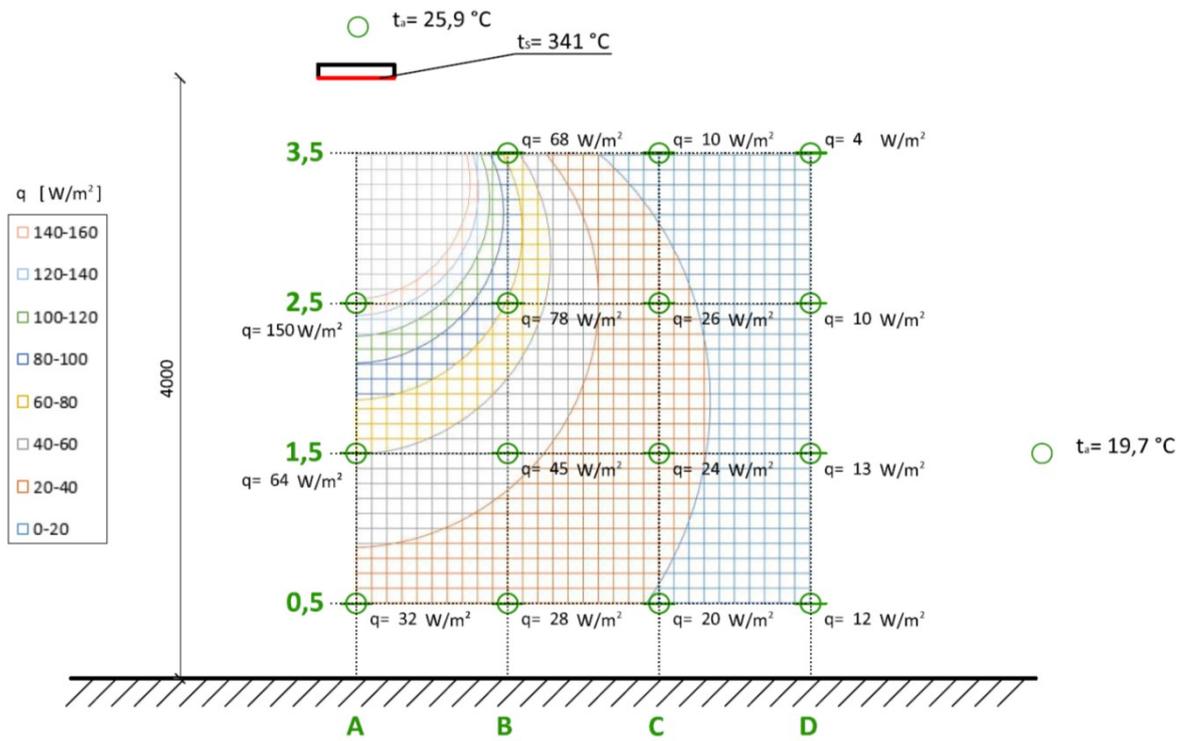
Typ panelu, výrobce	ECOSUN S+ 18, FENIX Trading s.r.o.
Jmenovitý příkon	1800 W
Rozměry (délka, šířka, výška)	1550 mm, 250 mm, 60 mm

Tabulka 3-6 Parametry podmínek měření

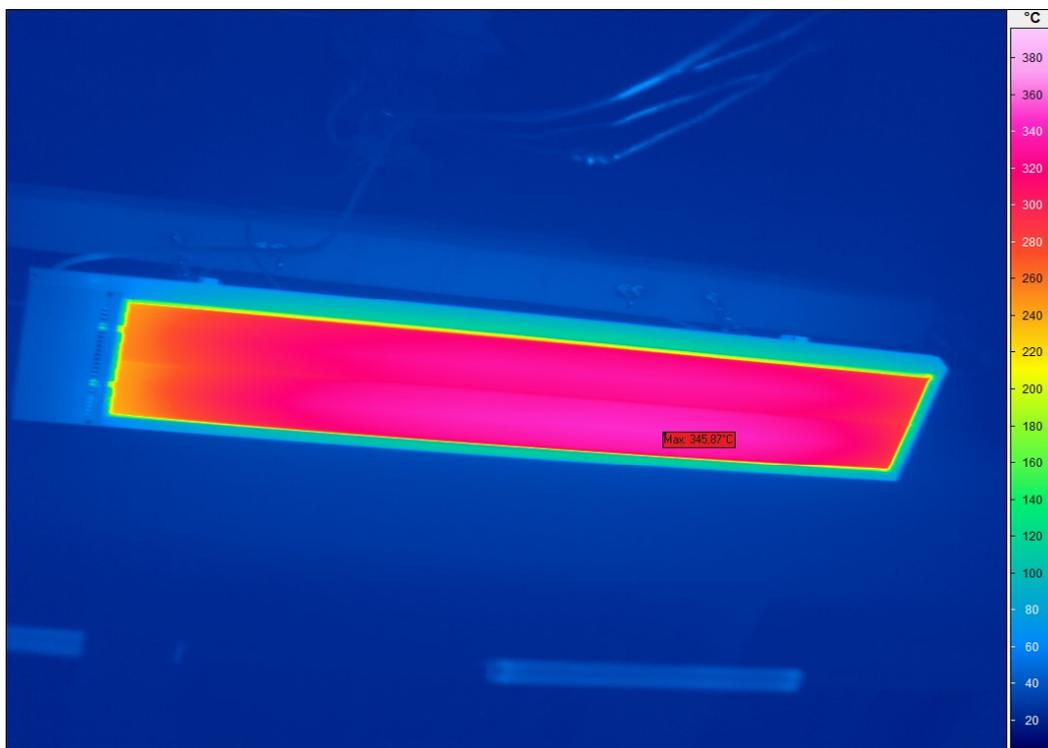
Radiační teplota v okolí	19 °C
Teplota vzduchu v okolí	19,7 °C
Povrchová teplota panelu	341 °C
Teplota vzduchu nad panelem	25,9 °C
Rychlost proudícího vzduchu	0,02 m/s
Relativní vlhkost vzduchu	29,3 %

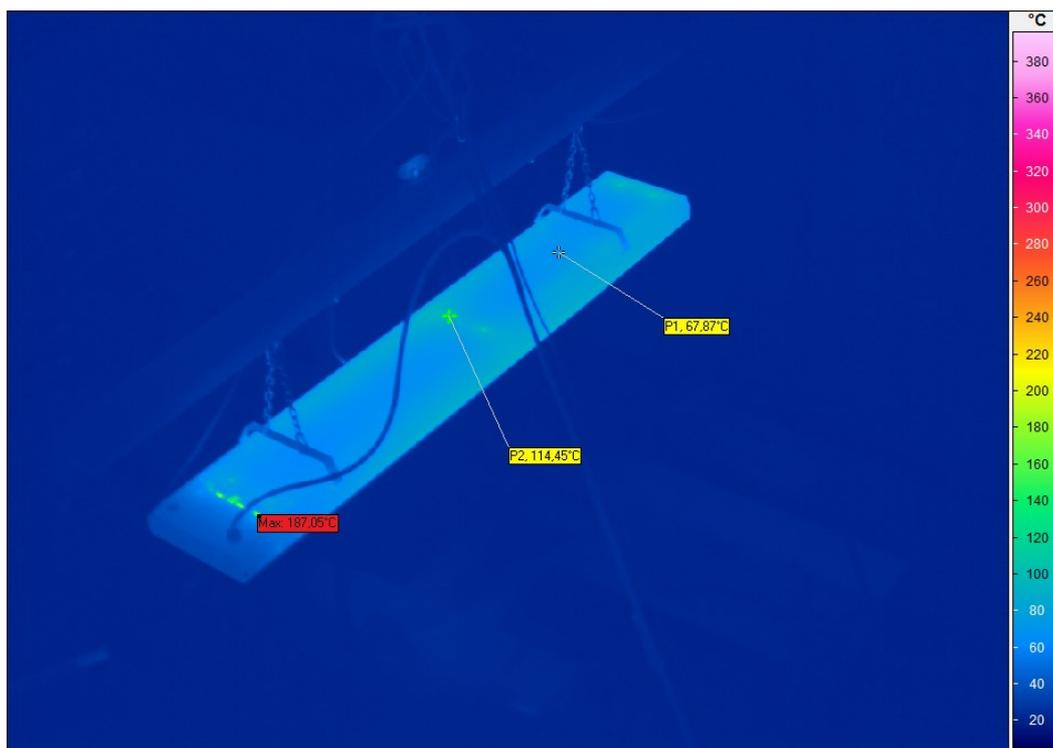


Obr. 3-7 Výsledné přírůstky střední radiační teploty vůči okolí a měrné tepelné toky v poli sálání panelu Ecosun S+ 18



Obr. 3-8 Pole měrného tepelného toku sáláním panelu Ecosun S+ 18





Obr. 3-9 Termosnímky povrchových teplot čelní plochy a zadního krytu panelu Ecosun S+ 18

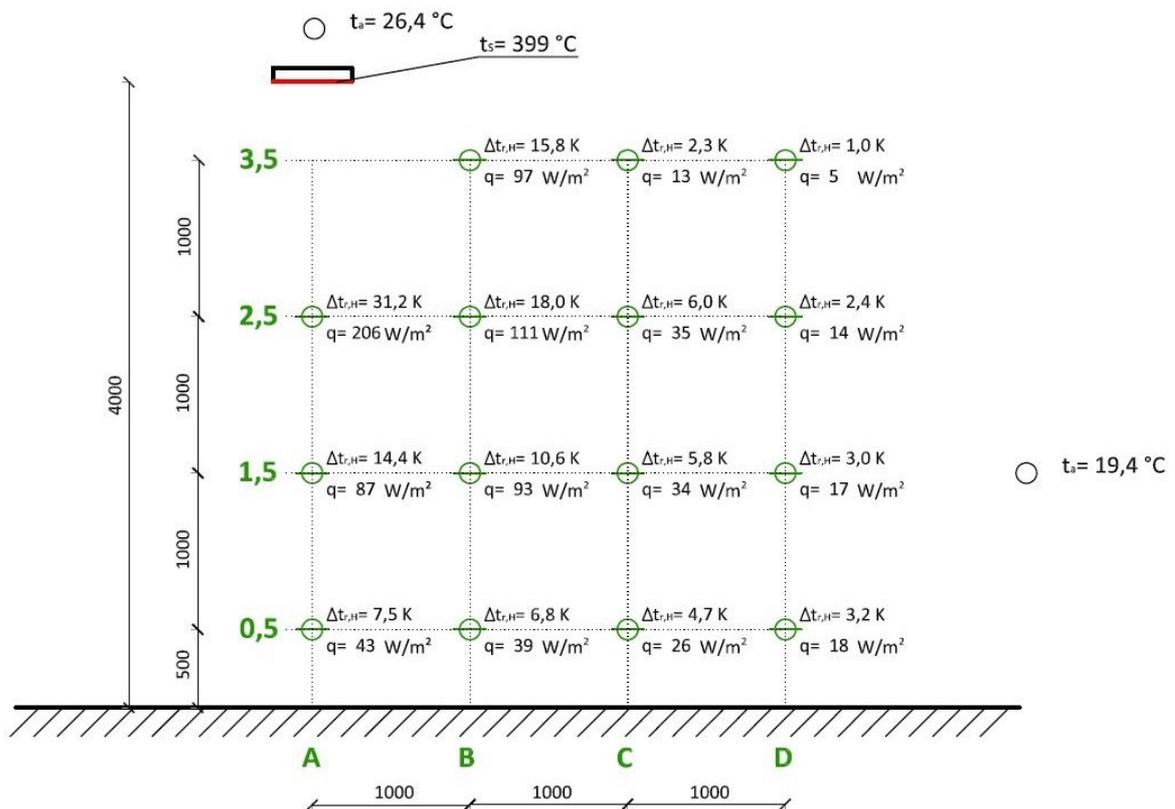
(3.4) ECOSUN S+ 24

Tabulka 3-7 Parametry měřeného panelu Ecosun S+ 24

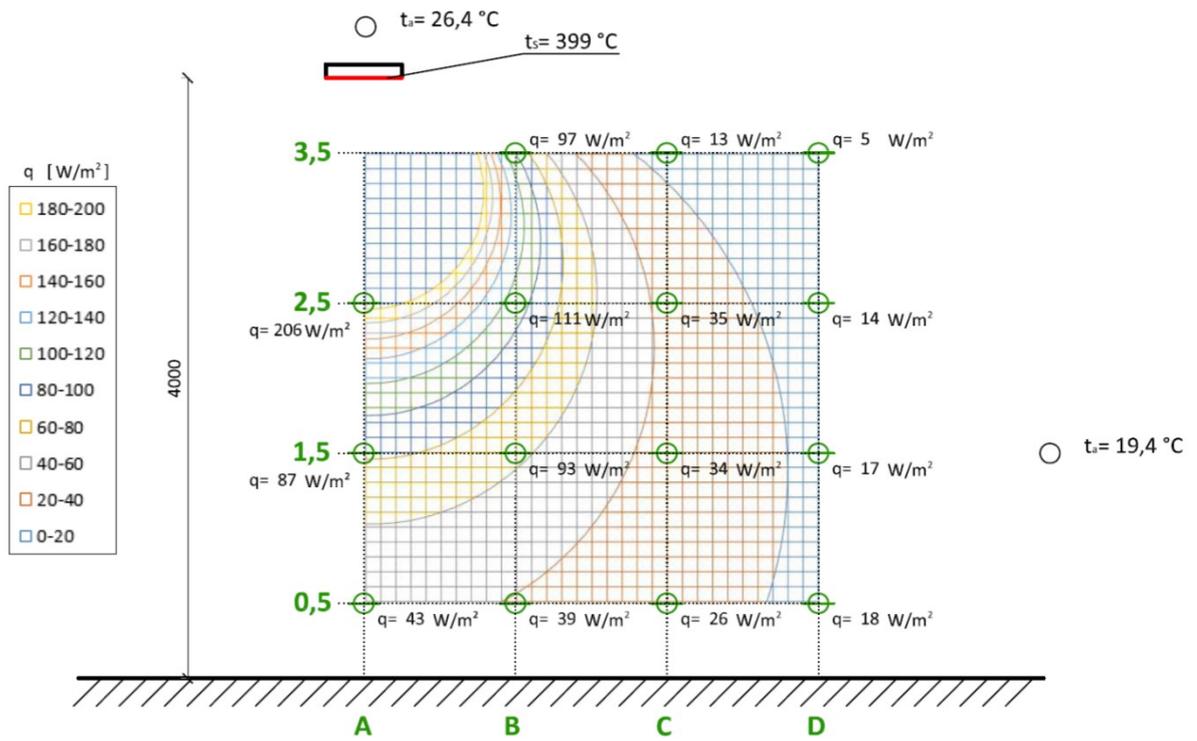
Typ panelu, výrobce	ECOSUN S+ 24, FENIX Trading s.r.o.
Jmenovitý příkon	2400 W
Rozměry (délka, šířka, výška)	1550 mm, 250 mm, 60 mm

Tabulka 3-8 Parametry podmínek měření

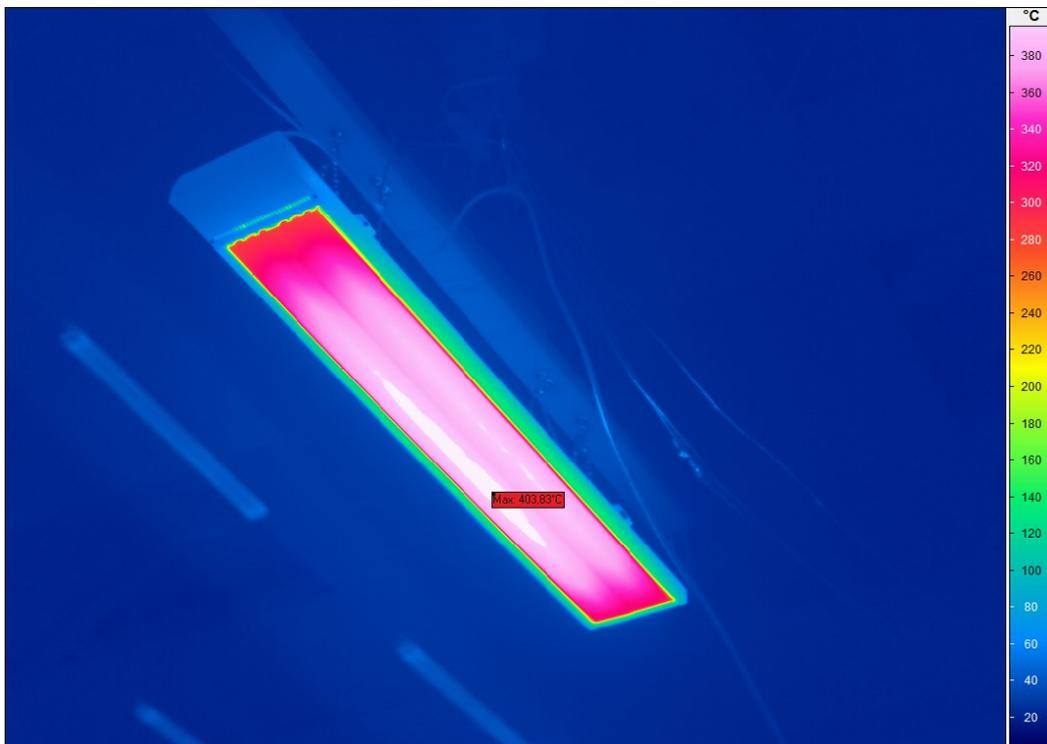
Radiační teplota v okolí	18,6 °C
Teplota vzduchu v okolí	19,4 °C
Povrchová teplota panelu	399 °C
Teplota vzduchu nad panelem	26,4 °C
Rychlost proudícího vzduchu	0,06 m/s
Relativní vlhkost vzduchu	29,8 %

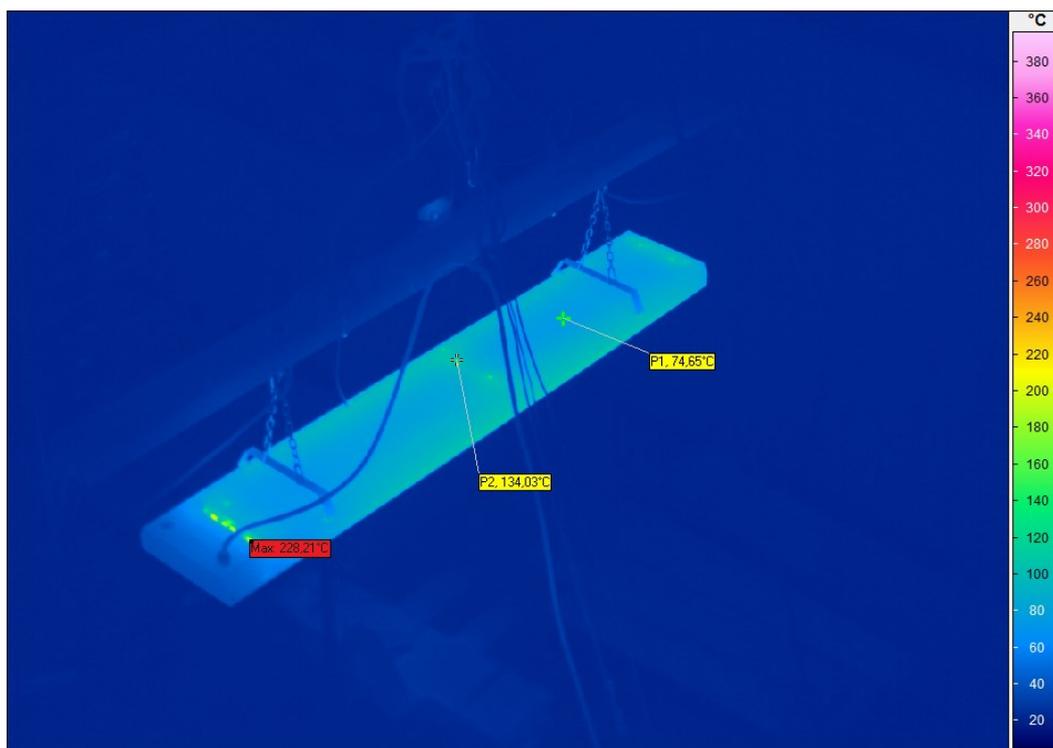


Obr. 3-10 Výsledné přírůstky střední radiační teploty vůči okolí a měrné tepelné toky v poli sálání panelu Ecosun S+ 24



Obr. 3-11 Pole měrného tepelného toku sáláním panelu Ecosun S+ 24





Obr. 3-12 Termosnímky povrchových teplot čelní plochy a zadního krytu panelu Ecosun S+ 24

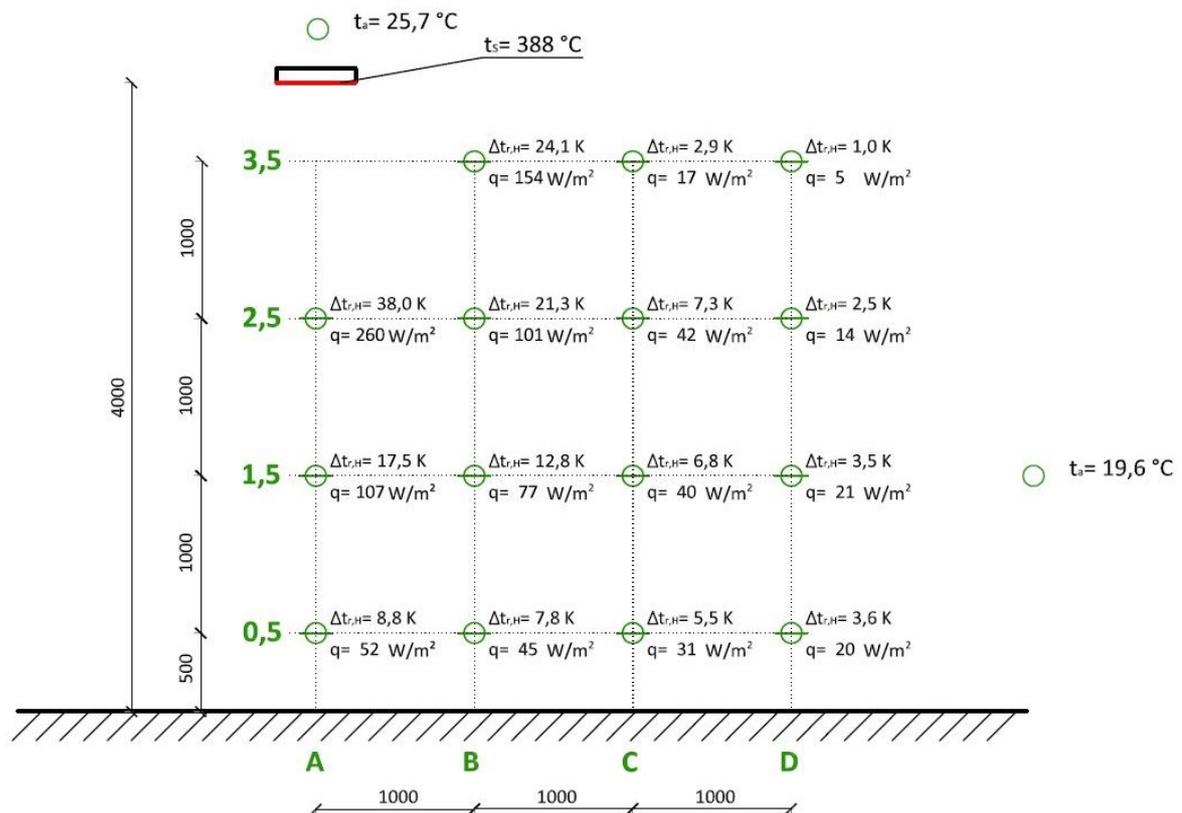
(3.5) ECOSUN S+ 30

Tabulka 3-9 Parametry měřeného panelu Ecosun S+ 30

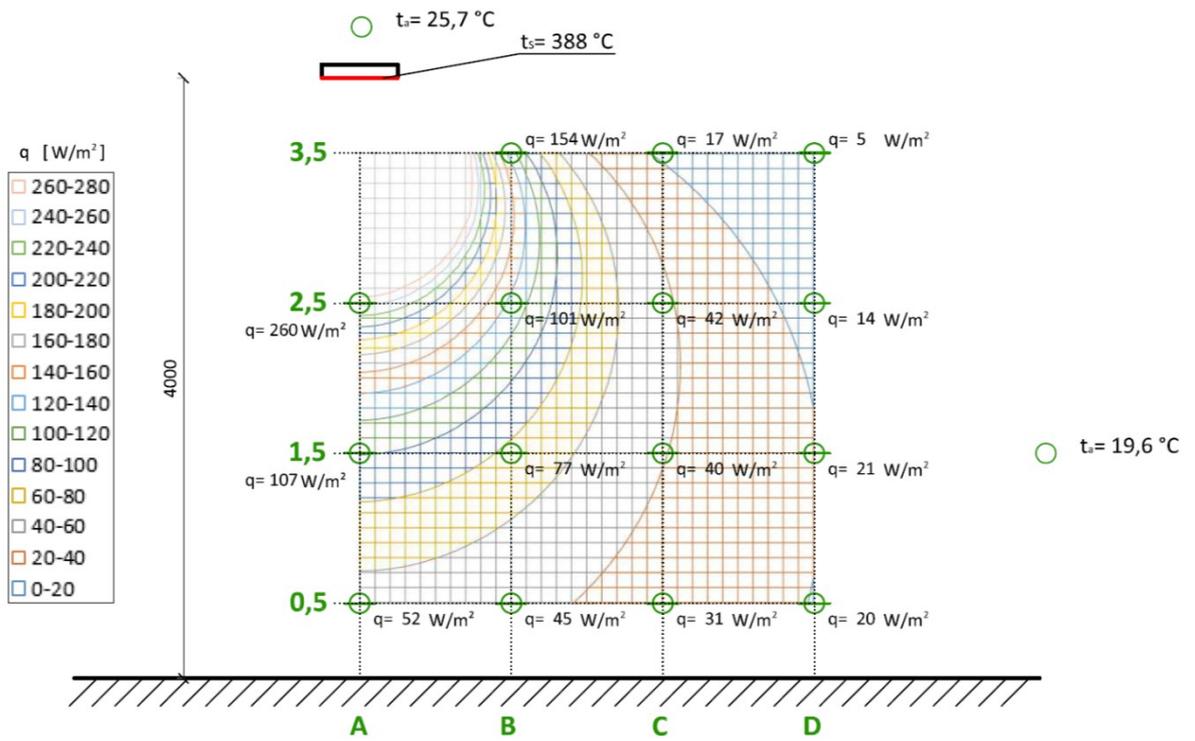
Typ panelu, výrobce	ECOSUN S+ 30, FENIX Trading s.r.o.
Jmenovitý příkon	3000 W
Rozměry (délka, šířka, výška)	1550 mm, 350 mm, 60 mm

Tabulka 3-10 Parametry podmínek měření

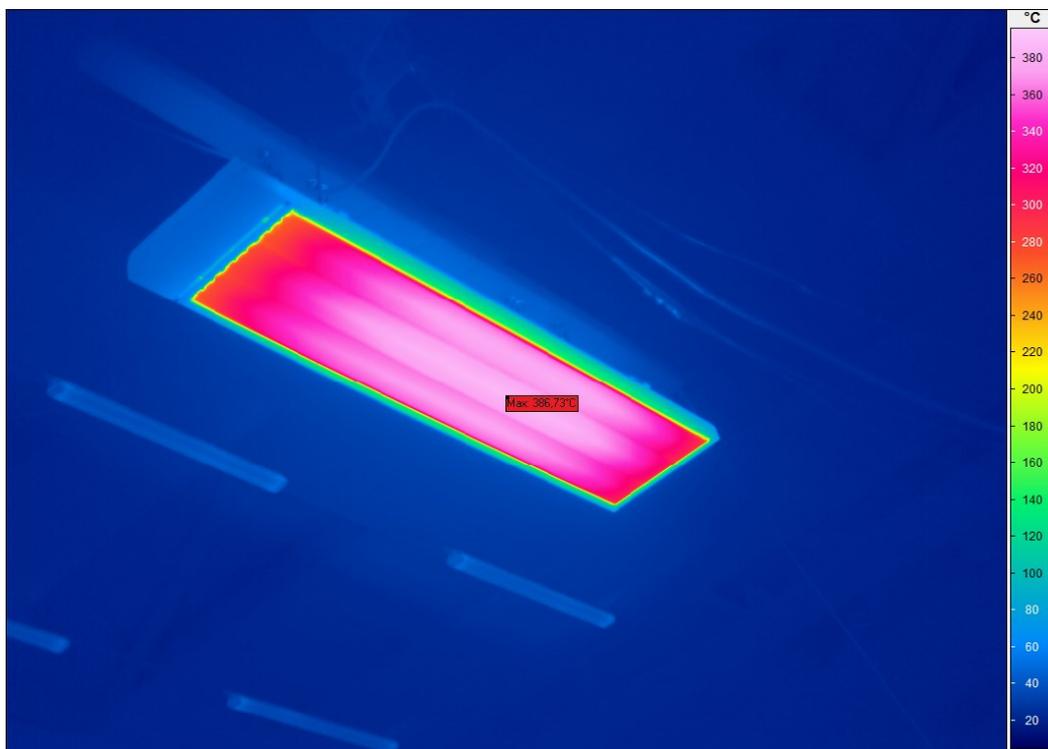
Radiační teplota v okolí	18,8 °C
Teplota vzduchu v okolí	19,6 °C
Povrchová teplota panelu	388 °C
Teplota vzduchu nad panelem	25,7 °C
Rychlost proudícího vzduchu	0,04 m/s
Relativní vlhkost vzduchu	30,7 %

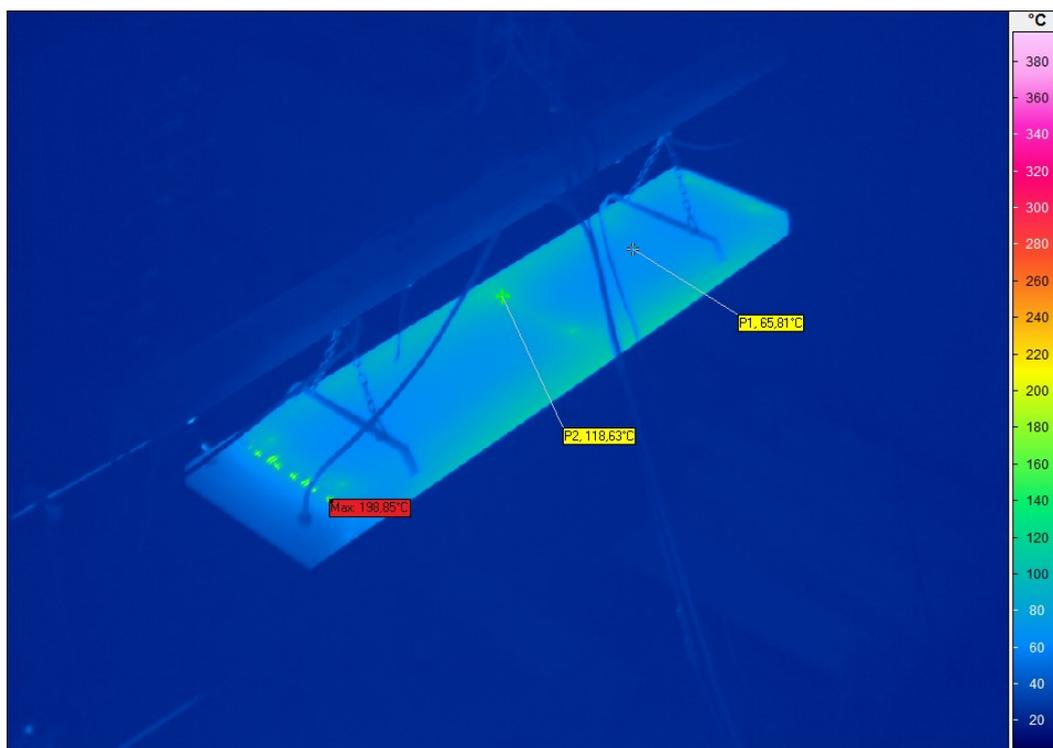


Obr. 3-13 Výsledné přírůstky střední radiační teploty vůči okolí a měrné tepelné toky v poli sálání panelu Ecosun S+ 30



Obr. 3-14 Pole měrného tepelného toku sáláním panelu Ecosun S+ 30





Obr. 3-15 Termosnímky povrchových teplot čelní plochy a zadního krytu panelu Ecosun S+ 30

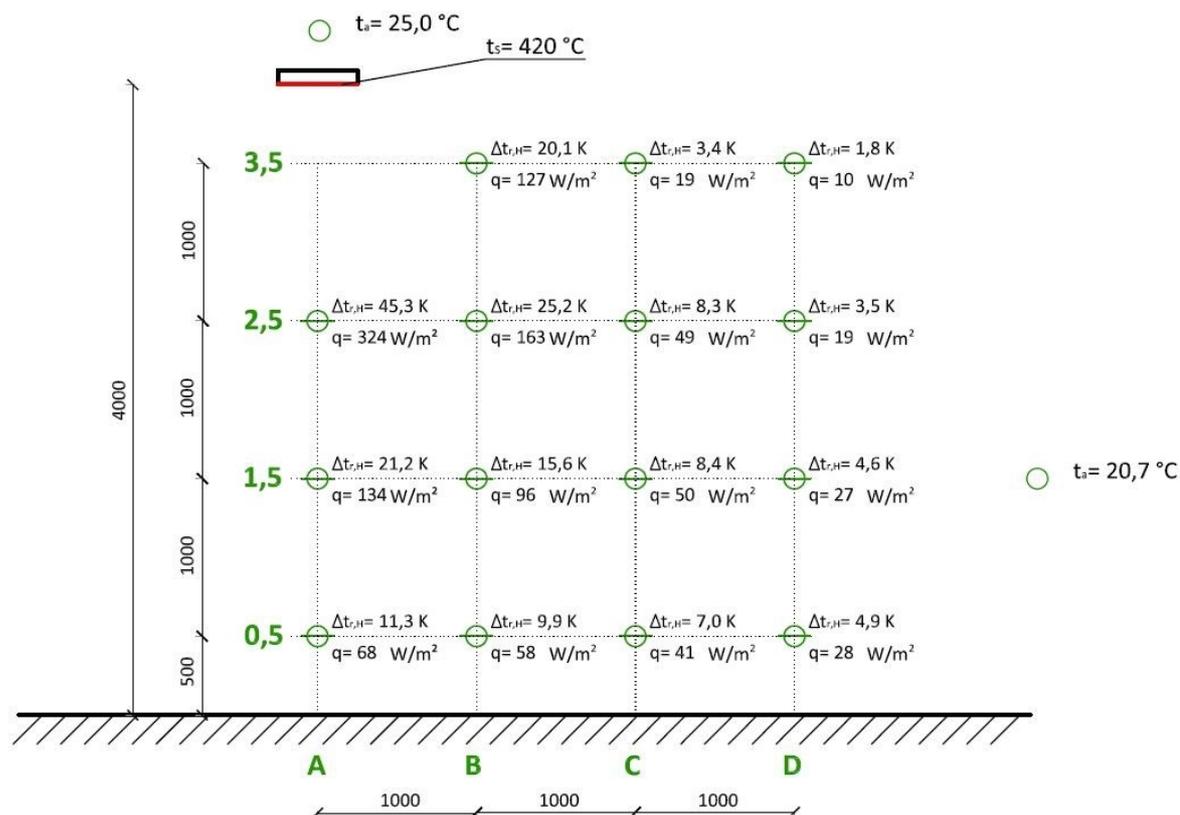
(3.6) ECOSUN S+ 36

Tabulka 3-11 Parametry měřeného panelu Ecosun S+ 36

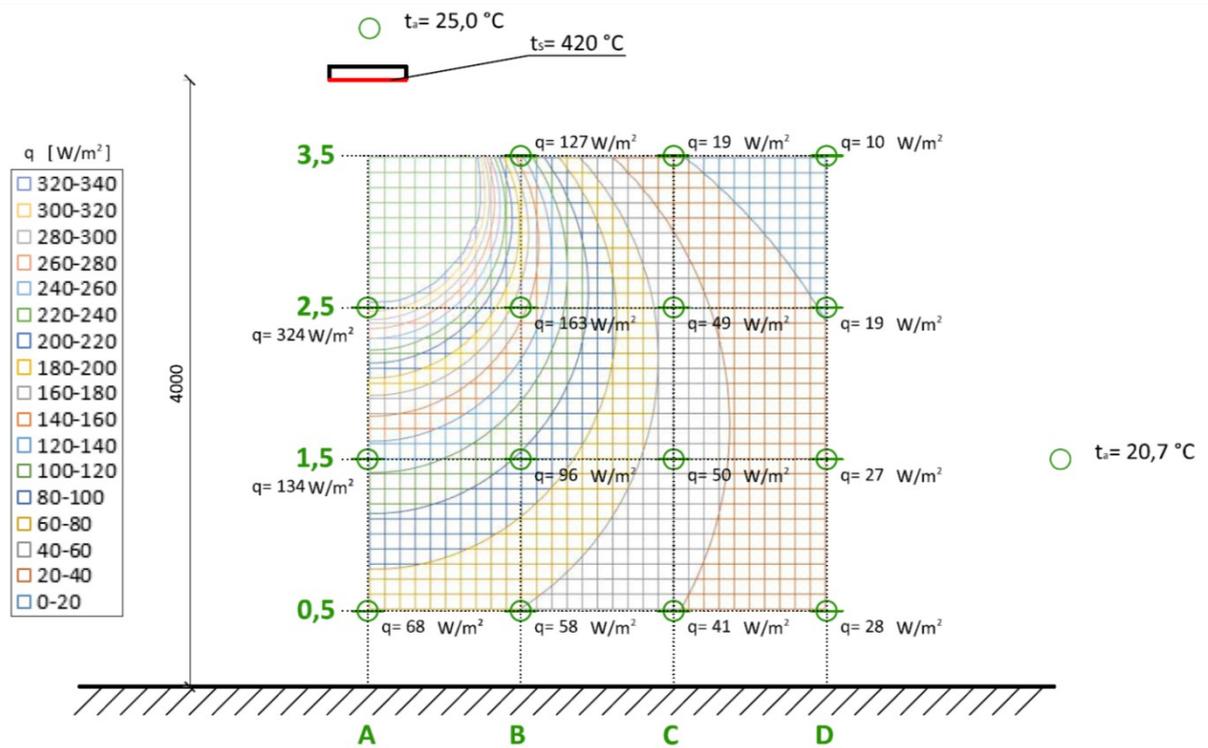
Typ panelu, výrobce	ECOSUN S+ 36, FENIX Trading s.r.o.
Jmenovitý příkon	3600 W
Rozměry (délka, šířka, výška)	1550 mm, 350 mm, 60 mm

Tabulka 3-12 Parametry podmínek měření

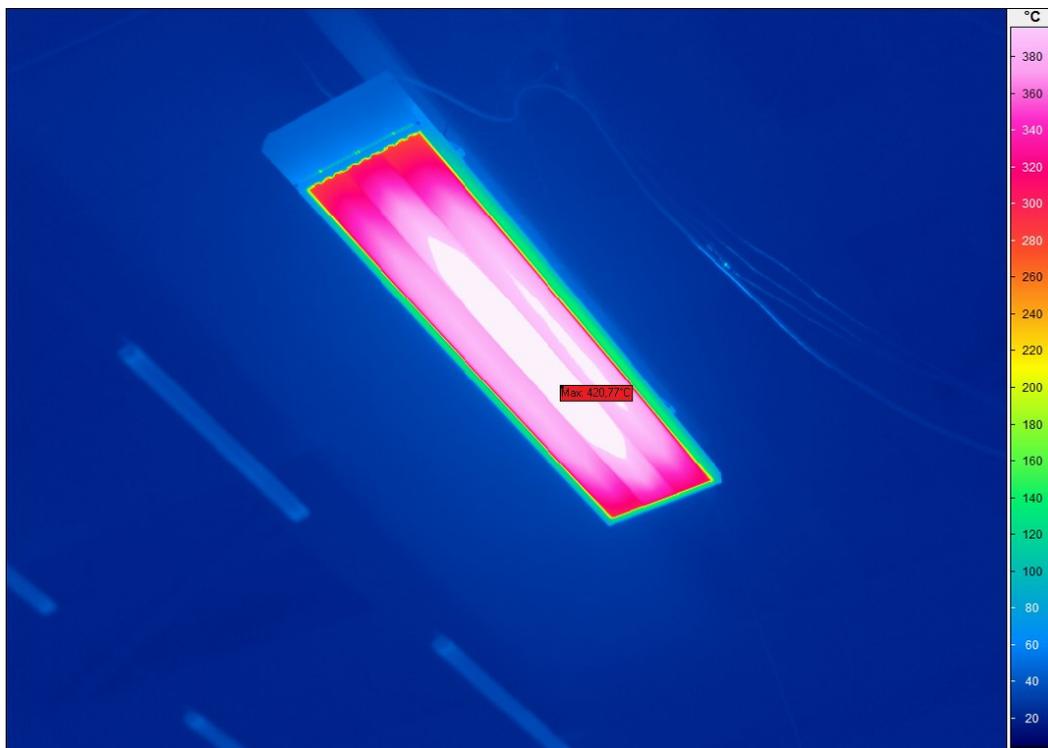
Radiační teplota v okolí	19,2 °C
Teplota vzduchu v okolí	20,7 °C
Povrchová teplota panelu	420 °C
Teplota vzduchu nad panelem	25,0 °C
Rychlost proudícího vzduchu	0,05 m/s
Relativní vlhkost vzduchu	30,2 %



Obr. 3-16 Výsledné přírůstky střední radiační teploty vůči okolí a měrné tepelné toky v poli sálání panelu Ecosun S+ 36



Obr. 3-17 Pole měrného tepelného toku sáláním panelu Ecosun S+ 36





Obr. 3-18 Termosnímky povrchových teplot čelní plochy a zadního krytu panelu Ecosun S+ 36

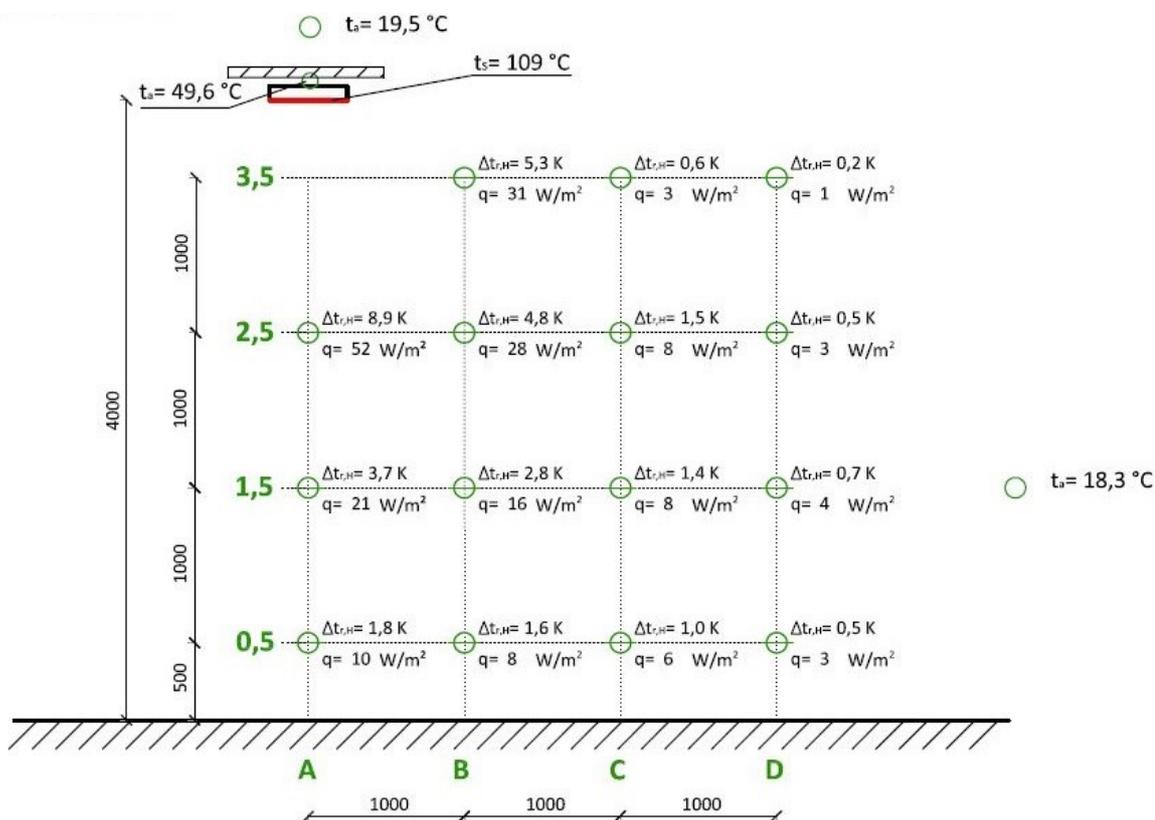
(3.7) ECOSUN 700 U

Tabulka 3-13 Parametry měřeného panelu Ecosun 700 U

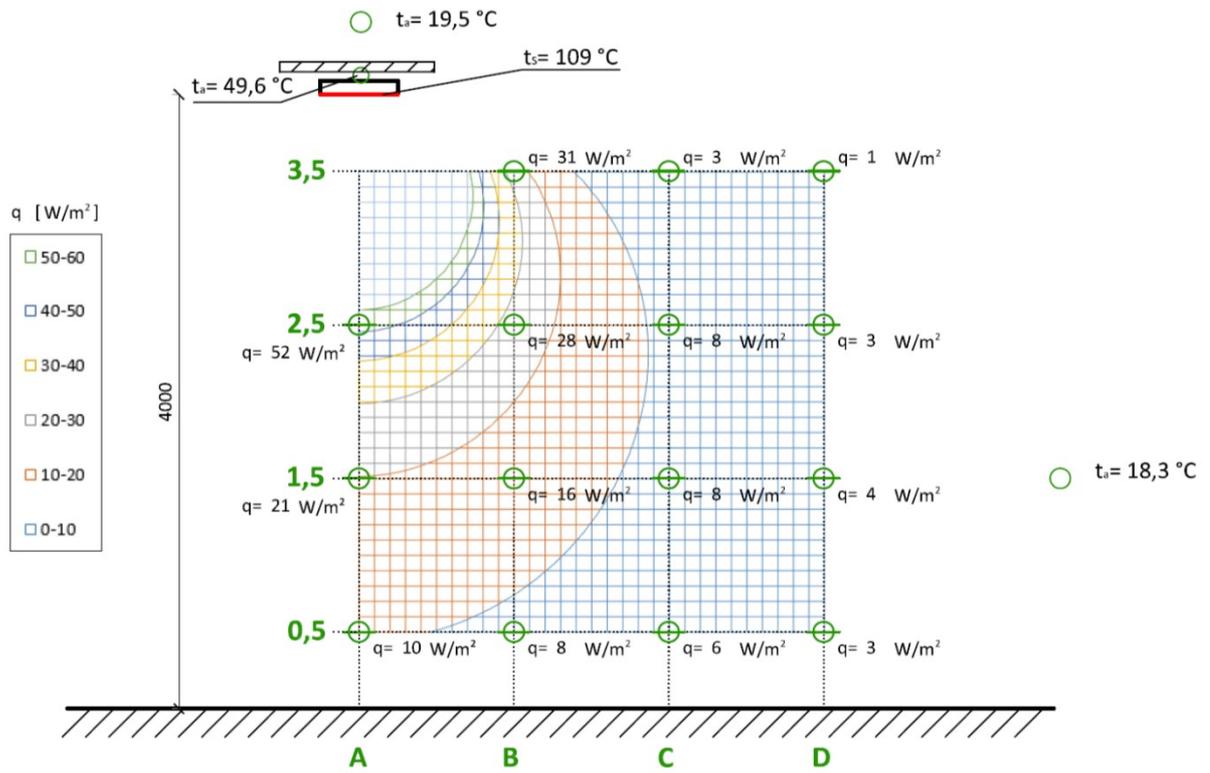
Typ panelu, výrobce	ECOSUN 700 U, FENIX Trading s.r.o.
Jmenovitý příkon	700 W
Rozměry (délka, šířka, výška)	1190 mm, 600 mm, 30 mm

Tabulka 3-14 Parametry podmínek měření

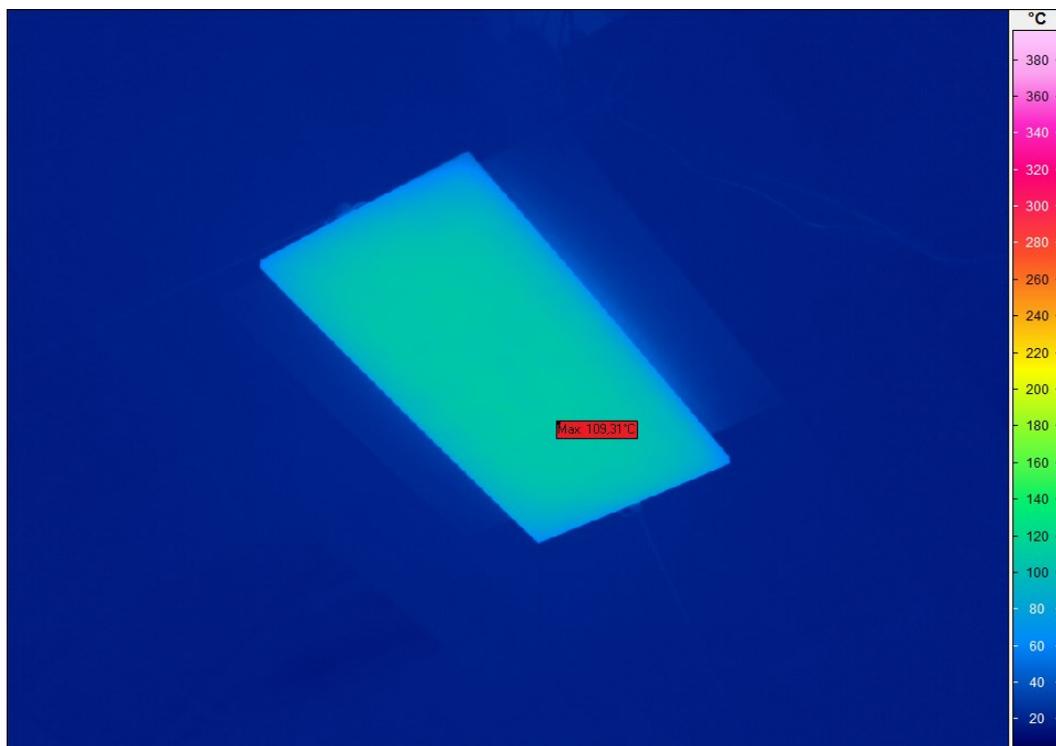
Radiační teplota v okolí	18,5 °C
Teplota vzduchu v okolí	18,3 °C
Povrchová teplota panelu	109 °C
Teplota vzduchu nad panelem	49,6 °C
Rychlost proudícího vzduchu	0,01 m/s
Relativní vlhkost vzduchu	42,0 %



Obr. 3-19 Výsledné přírůstky střední radiační teploty vůči okolí a měrné tepelné toky v poli sálání panelu Ecosun 700 U



Obr. 3-20 Pole měrného tepelného toku sáláním panelu Ecosun 700 U





Obr. 3-21 Termosnímky povrchových teplot čelní plochy a zadního krytu panelu Ecosun 700 U

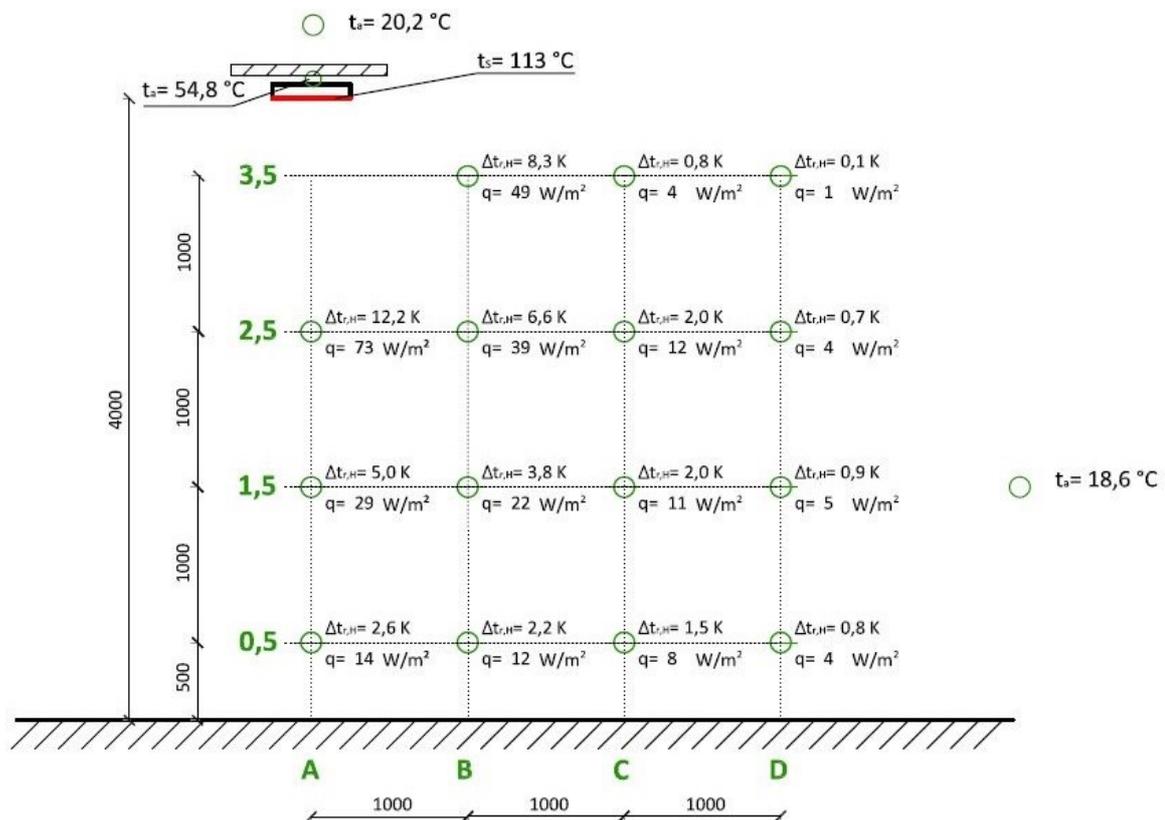
(3.8) ECOSUN 1000 U

Tabulka 3-15 Parametry měřeného panelu Ecosun 1000 U

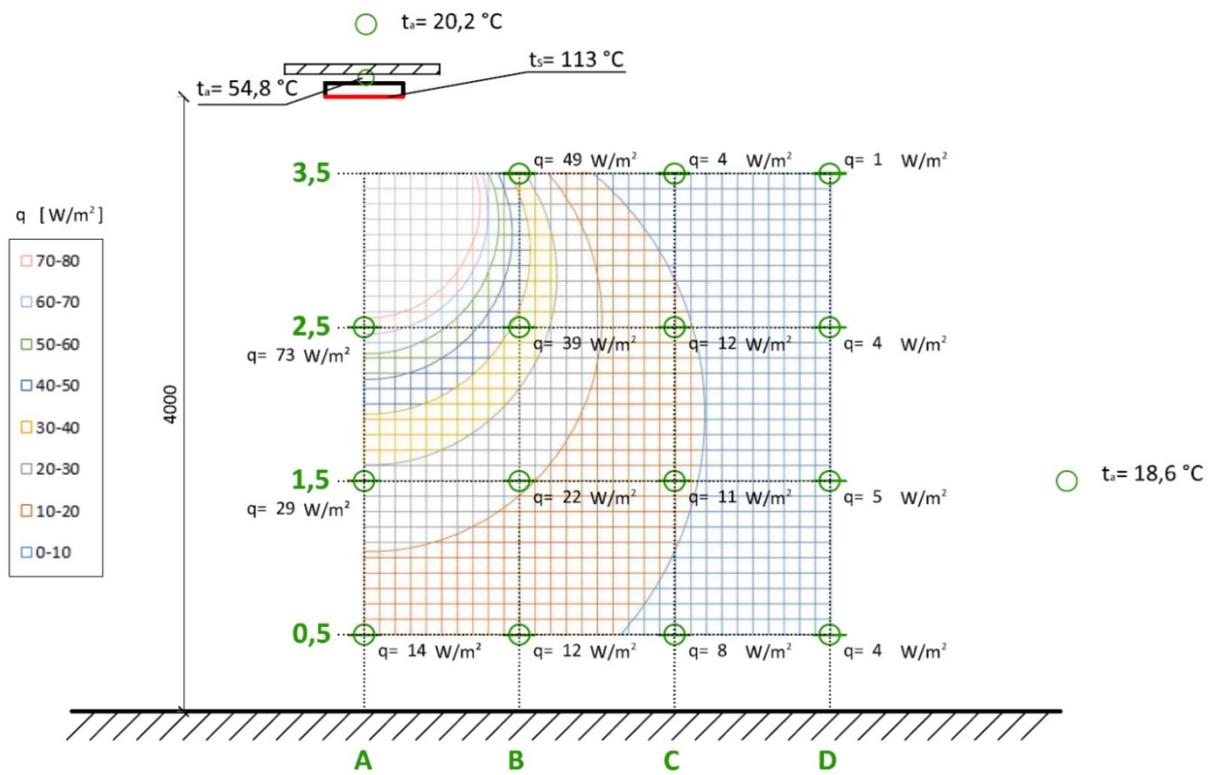
Typ panelu, výrobce	ECOSUN 1000 U, FENIX Trading s.r.o.
Jmenovitý příkon	1000 W
Rozměry (délka, šířka, výška)	1190 mm, 850 mm, 30 mm

Tabulka 3-16 Parametry podmínek měření

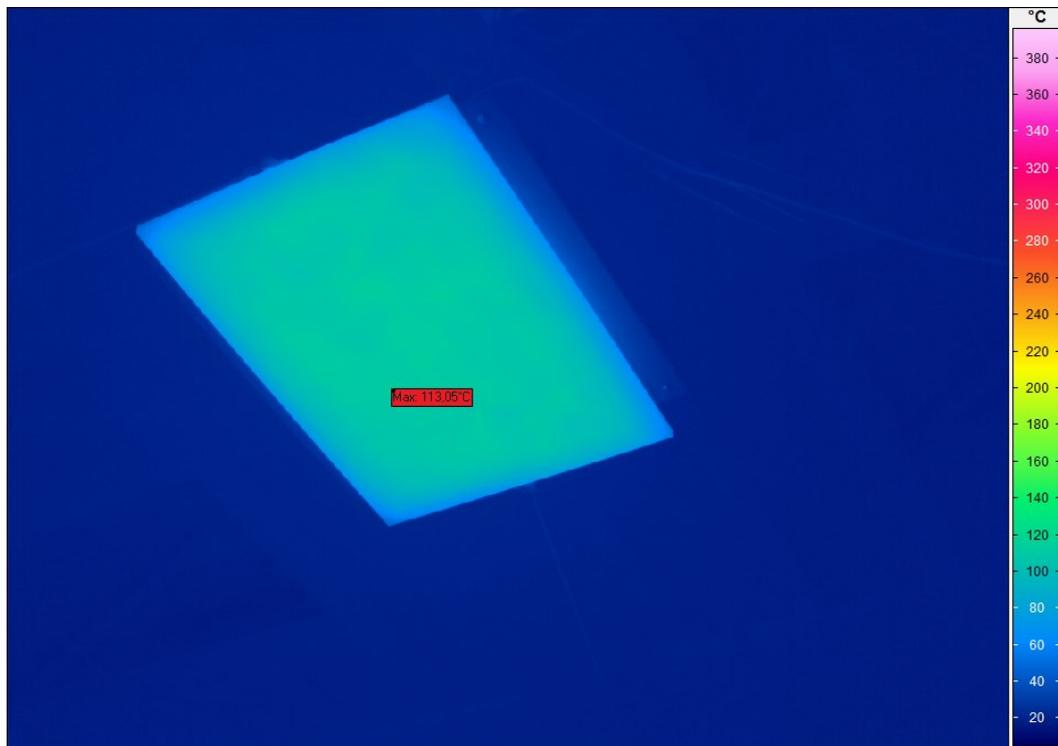
Radiační teplota v okolí	18,7 °C
Teplota vzduchu v okolí	18,6 °C
Povrchová teplota panelu	133 °C
Teplota vzduchu nad panelem	54,8 °C
Rychlost proudícího vzduchu	0 m/s
Relativní vlhkost vzduchu	39,9 %



Obr. 3-22 Výsledné přírůstky střední radiační teploty vůči okolí a měrné tepelné toky v poli sálání panelu Ecosun 1000 U



Obr. 3-23 Pole měrného tepelného toku sáláním panelu Ecosun 1000 U





Obr. 3-24 Termosnímky povrchových teplot čelní plochy a zadního krytu panelu Ecosun 1000 U

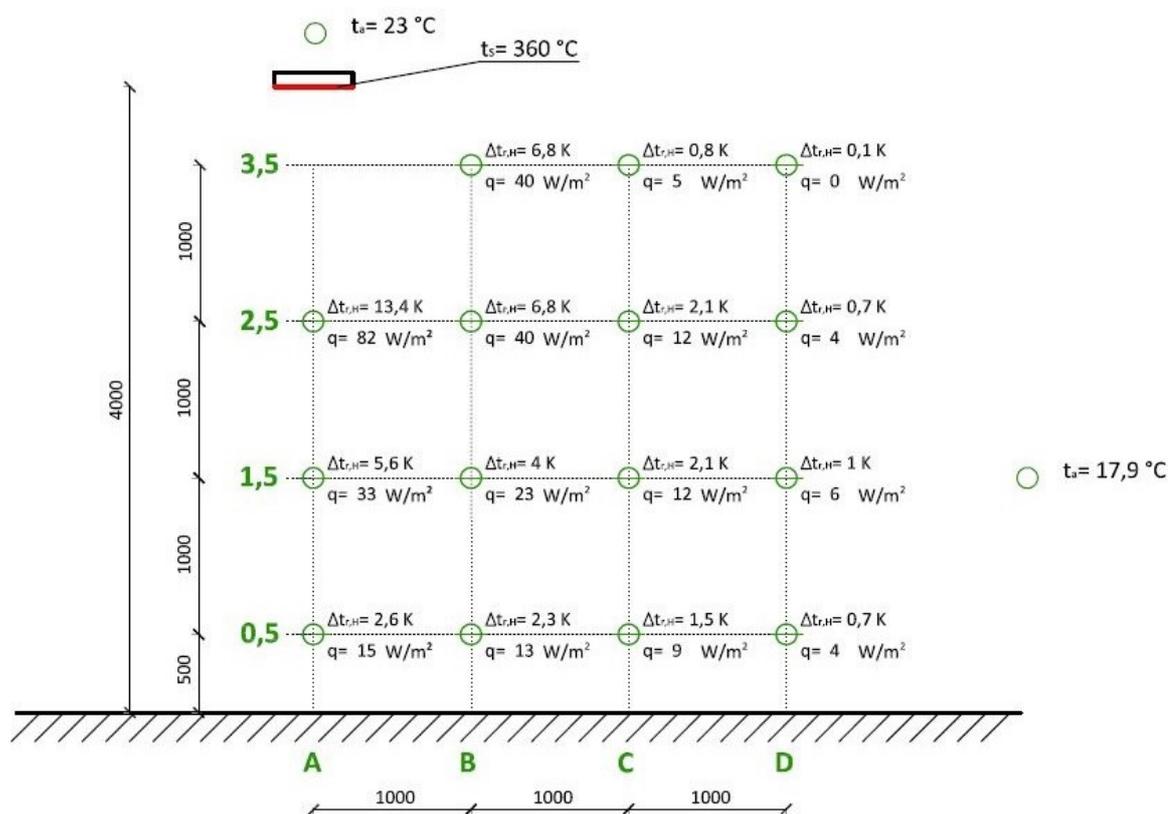
(3.9) ECOSUN TH 10

Tabulka 3-17 Parametry měřeného panelu Ecosun TH 10

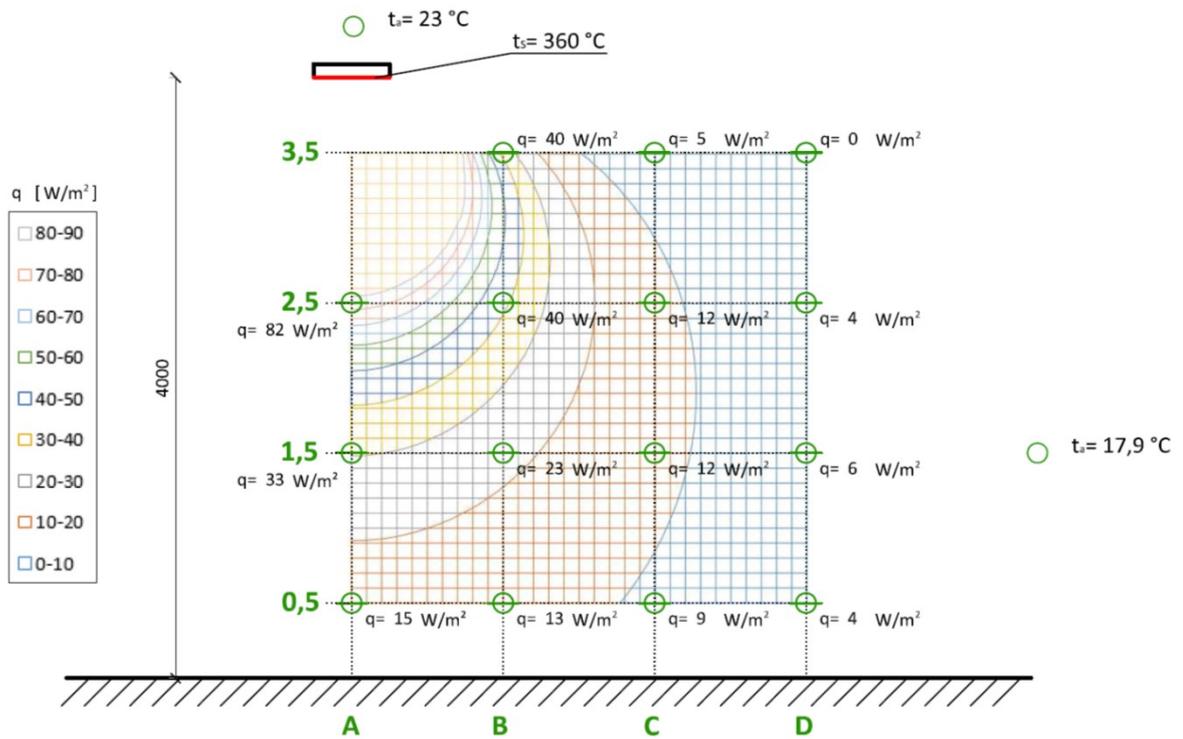
Typ panelu, výrobce	ECOSUN TH 10, FENIX Trading s.r.o.
Jmenovitý příkon	1000 W
Rozměry (délka, šířka, výška)	1080 mm, 140 mm, 45 mm

Tabulka 3-18 Parametry podmínek měření

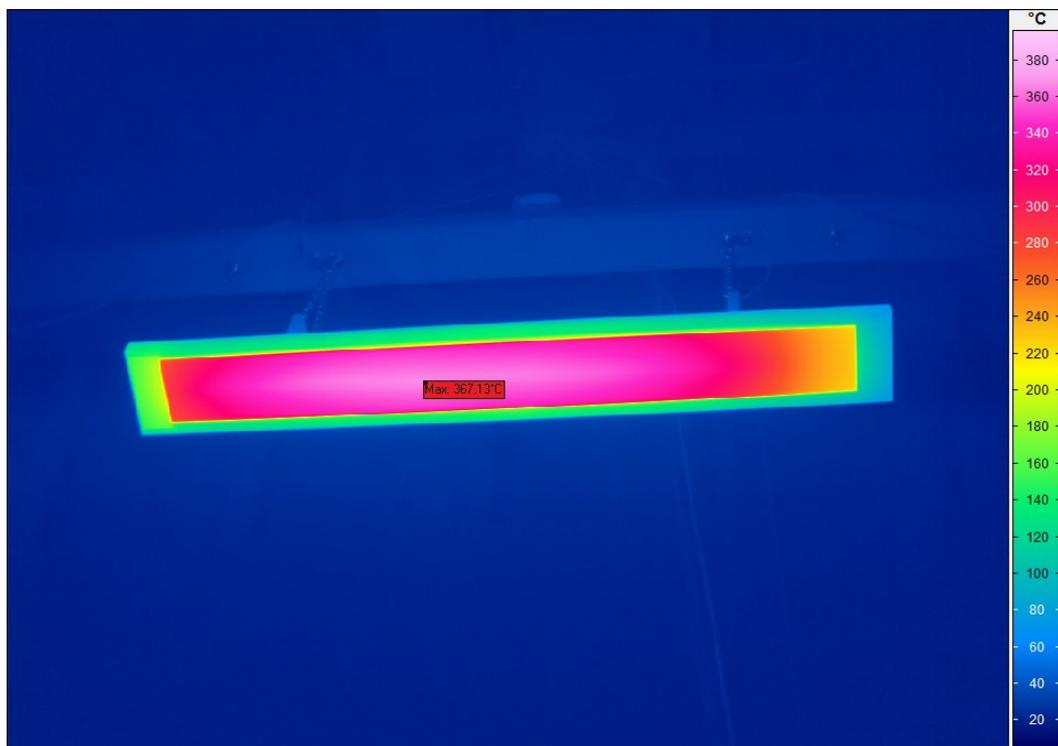
Radiační teplota v okolí	18,5 °C
Teplota vzduchu v okolí	17,9 °C
Povrchová teplota panelu	360 °C
Teplota vzduchu nad panelem	23,0 °C
Rychlost proudícího vzduchu	0,05 m/s
Relativní vlhkost vzduchu	40,1 %

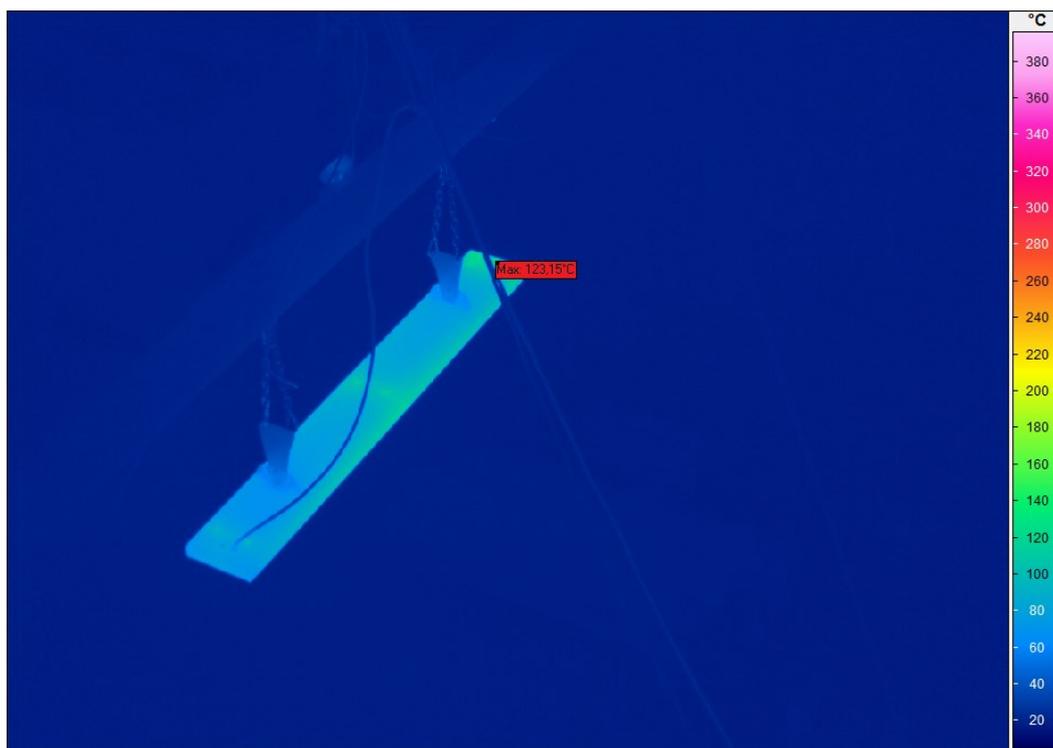


Obr. 3-25 Výsledné přírůstky střední radiační teploty vůči okolí a měrné tepelné toky v poli sálání panelu Ecosun TH 10



Obr. 3-26 Pole měrného tepelného toku sáláním panelu Ecosun TH 10





Obr. 3-27 Termosnímky povrchových teplot čelní plochy a zadního krytu panelu Ecosun TH 10

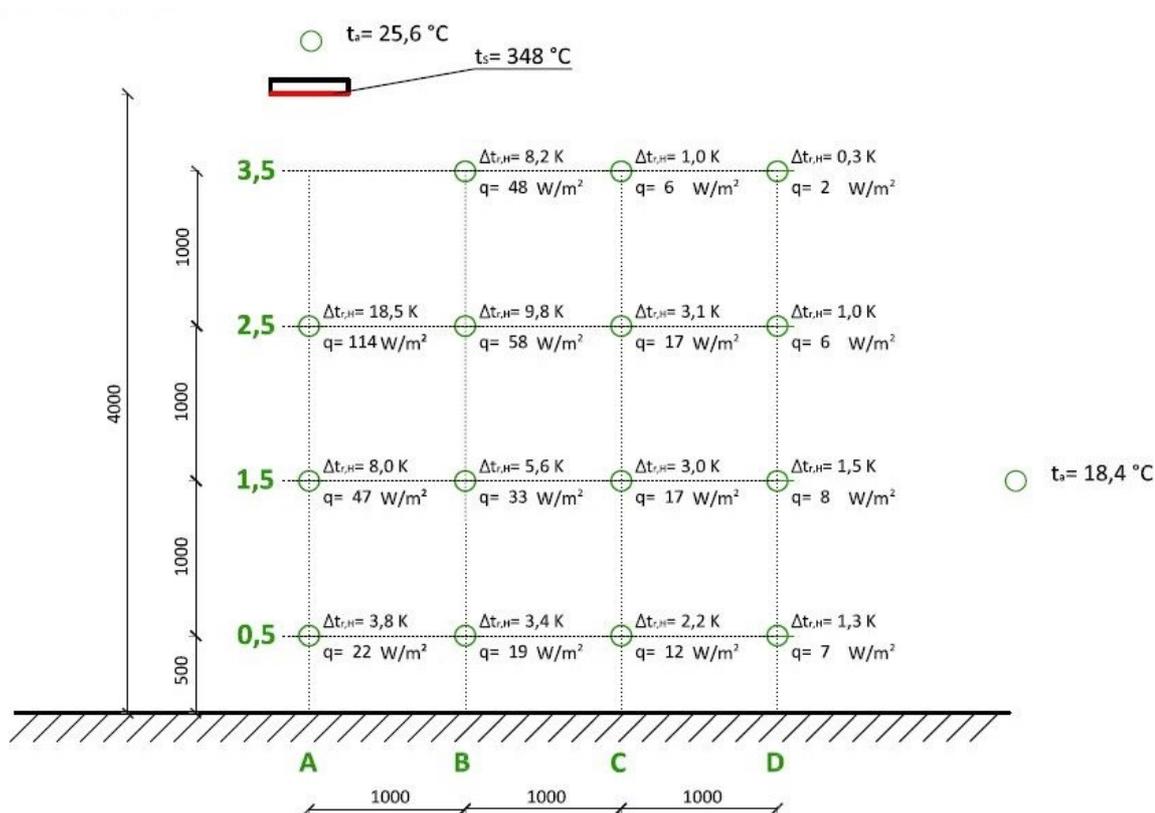
(3.10) ECOSUN TH 15

Tabulka 3-19 Parametry měřeného panelu Ecosun TH 15

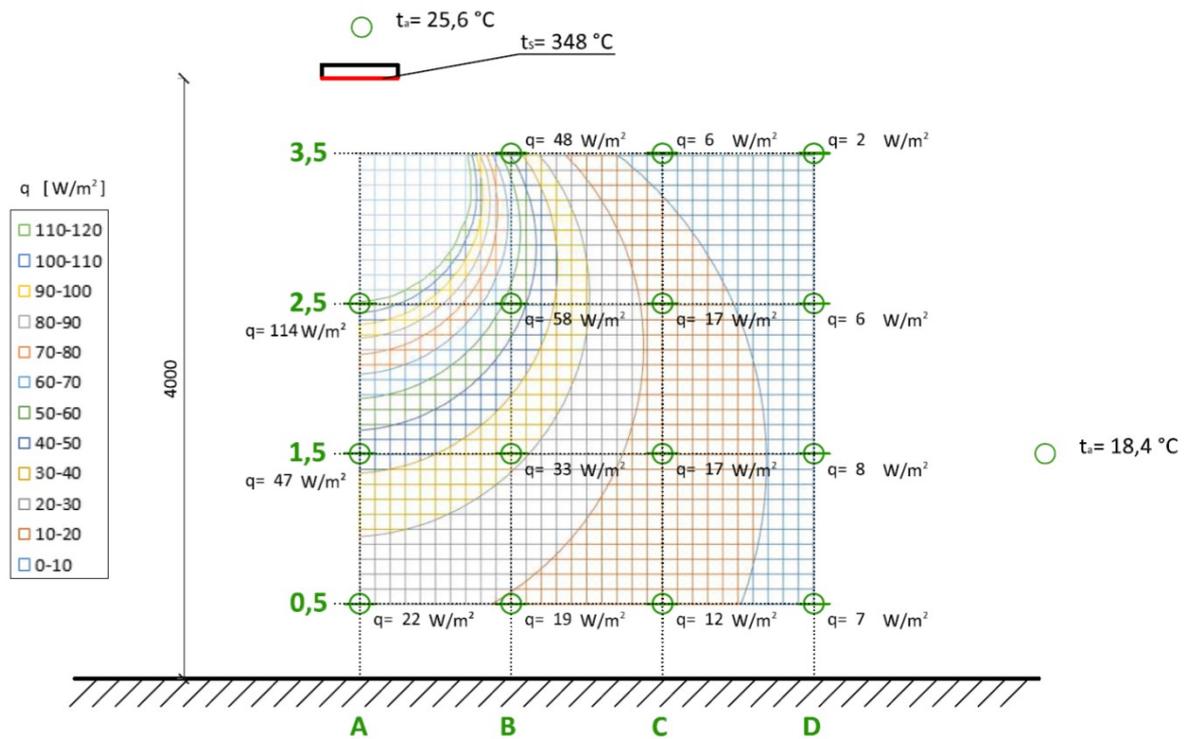
Typ panelu, výrobce	ECOSUN TH 15, FENIX Trading s.r.o.
Jmenovitý příkon	1500 W
Rozměry (délka, šířka, výška)	1580 mm, 140 mm, 45 mm

Tabulka 3-20 Parametry podmínek měření

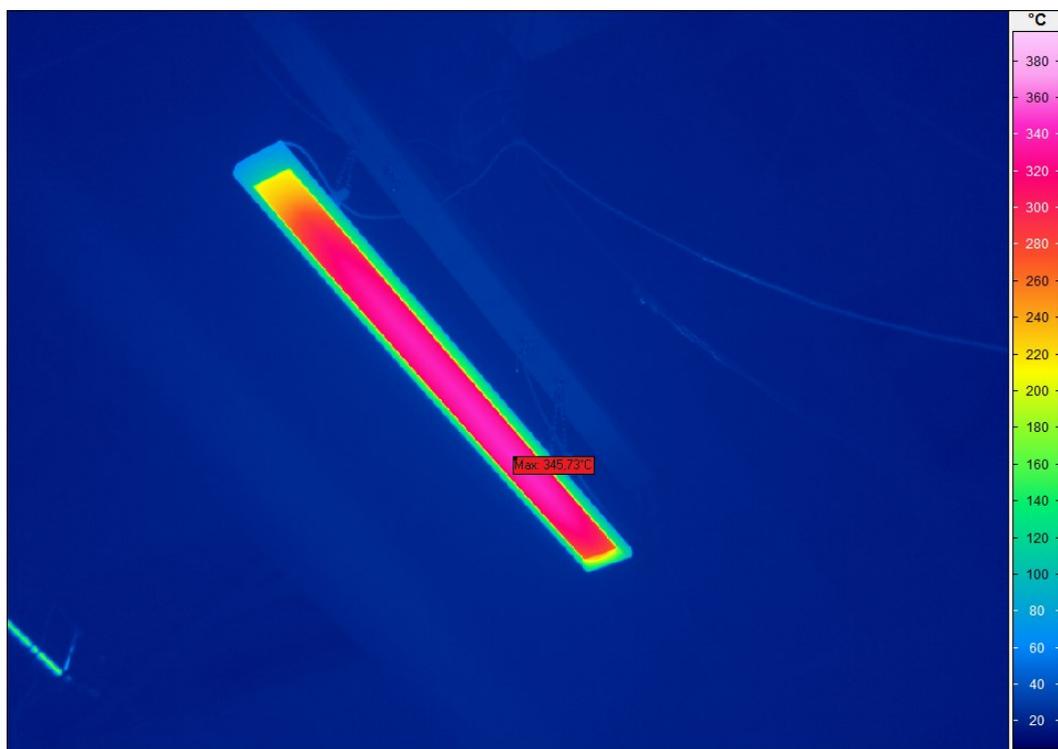
Radiační teplota v okolí	18,4 °C
Teplota vzduchu v okolí	18,4 °C
Povrchová teplota panelu	348 °C
Teplota vzduchu nad panelem	25,6 °C
Rychlost proudícího vzduchu	0,02 m/s
Relativní vlhkost vzduchu	36,3 %

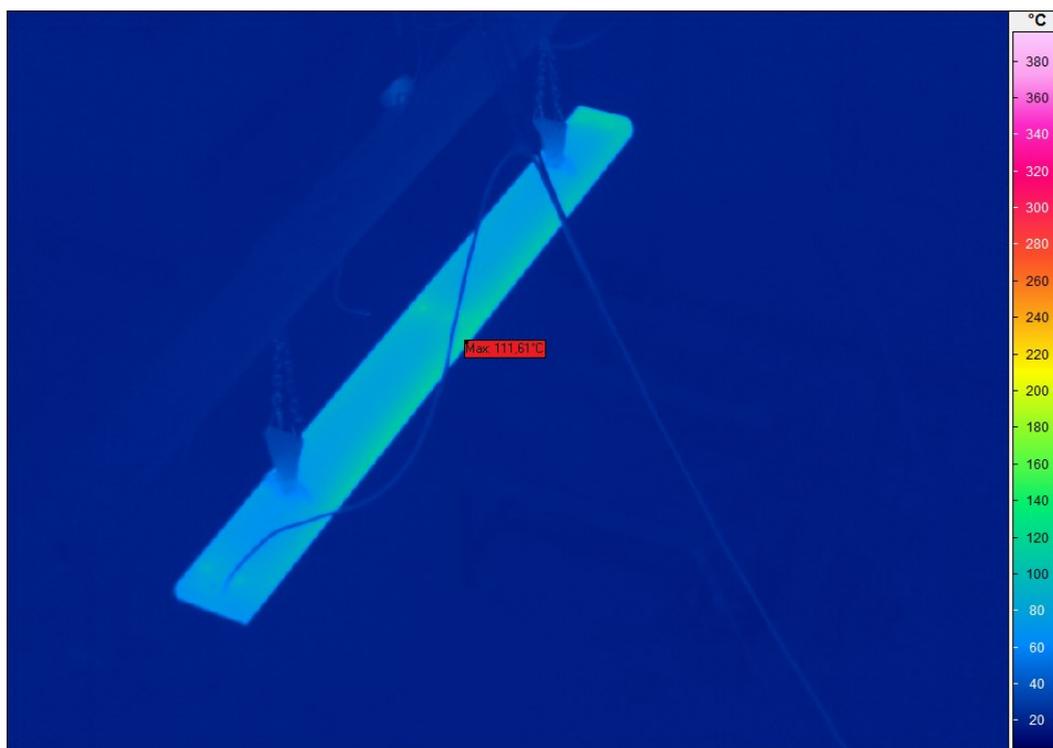


Obr. 3-28 Výsledné přírůstky střední radiční teploty vůči okolí a měrné tepelné toky v poli sálání panelu Ecosun TH 15



Obr. 3-29 Pole měrného tepelného toku sáláním panelu Ecosun TH 15





Obr. 3-30 Termosnímky povrchových teplot čelní plochy a zadního krytu panelu Ecosun TH 15

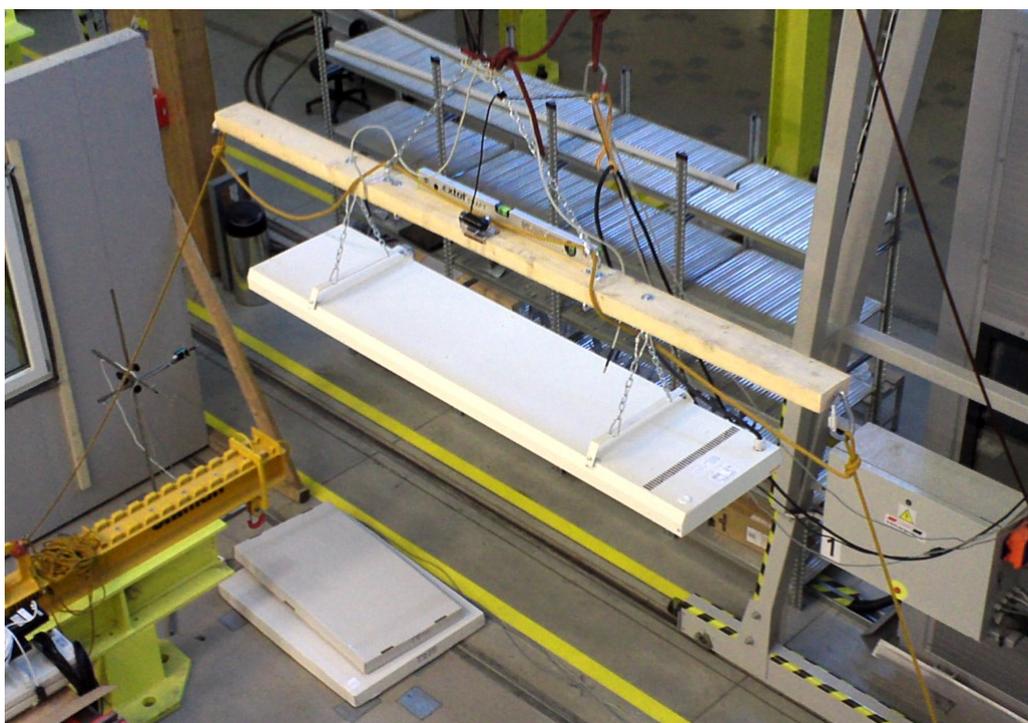
(4) Fotodokumentace



Obr. 4-1 Sálavý panel Ecosun zavěšený na jeřábové dráze v místě měření



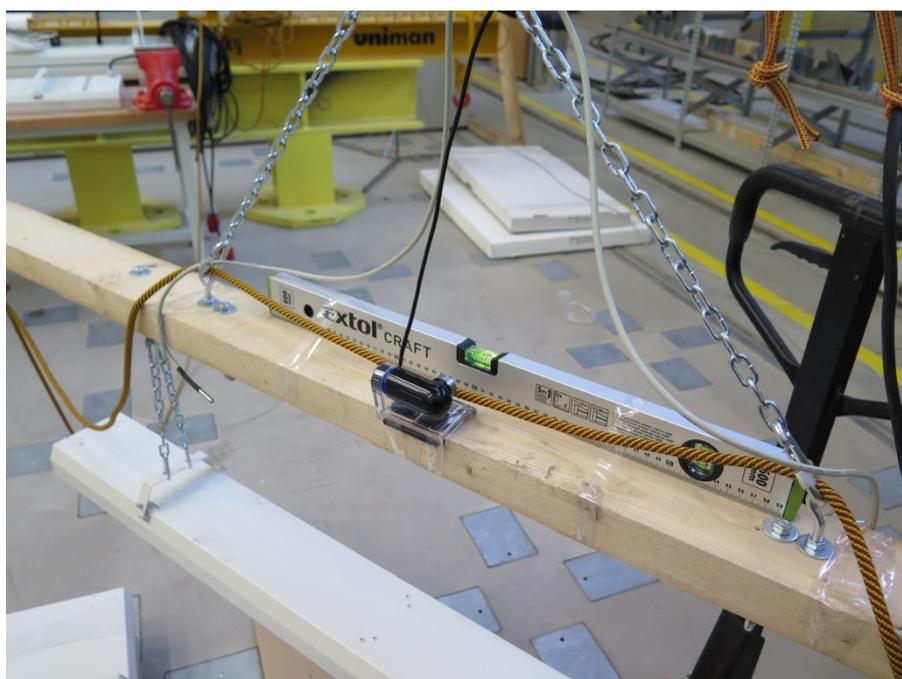
Obr. 4-2 Panel Ecosun S+ 30 zavěšený na pomocné konstrukci v průběhu ustalování (pohled ze spodu)



Obr. 4-3 Panel Ecosun S+ 30 zavěšený na pomocné konstrukci v průběhu ustalování (pohled zhora)



Obr. 4-4 Stativ s čidlem pro měření radiační asymetrie a ústřednou v jednom z bodů měřící sítě (bílé značky na podlaze)



Obr. 4-5 Příprava panelu před zvednutím do výšky 4 m, osazení nosného prvku vodováhou kontrolované web kamerou



Obr. 4-6 Termokamera VarioCam použitá pro stanovení povrchových teplot panelů

(5) Závěr

Předložená závěrečná zpráva shrnuje postup stanovení a samotné výsledky analýzy deseti sálavých panelů objednatele.

Cílem bylo popsat podmínky sdílení tepelného toku v poloprostoru přilehlém čelní ploše panelu. Vstupní data pro analýzu byla zajištěna měřením v 15 bodech měřicí roviny pod sálavým panelem.

Výsledky uvedené v kapitole (3) zahrnují analýzu sálavého tepelného toku v bodech horizontální roviny a přírůstky radiační teploty v těchto bodech. Na jejich základě byly vytvořeny grafy izochar přírůstků měrného sálavého toku v posuzované rovině. Dále byly termografickou metodou přibližně popsány povrchové teploty čela a zadního krytu panelu.

Tyto zjištěné parametry mohou být použity pro návrh vhodného typu sálavého panelu jako otopného tělesa při vytápění.

Tato závěrečná zpráva je nedělitelná a musí být používána jako celek.