



Výpočet typických tepelných mostů a jejich minimalizace

Sdružení Energy Consulting

Autor: Ing. Roman Šubrt

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2003 - část A.

Výpočet typických tepelných mostů a jejich minimalizace

2.část

ing. Roman Šubrt
sdružení Energy Consulting

© 2003

Tato publikace vznikla za použití dotace v části „A“ Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2003

Obsah:

1. část

Poděkování a prosba o spolupráci	3
Úvod	3
Ekologie	5
Tepelné mosty	7
„Definice“ tepelného mostu	9
Výpočet tepelné ztráty objektu	11
Požadavky ČSN	12
Vlastnosti materiálů a anizotropie	15
Tepelný odpor vzduchové dutiny	17
Odpor při přestupu tepla	18
Prostup a přestup tepla	18
Vliv velikosti tepelných mostů na tepelné ztráty objektu	19
Graf 1	21
Infrakamera	22
Komentář k obrázkům z infrakamery	23
Obrázky z infrakamery	26

2. část

Seznam řešených detailů	3
Seznam materiálů a jejich a vlastnosti použité ve výpočtu	4
Poznámky ke zpracování publikace	5
Detaily	7 - 314

Seznam řešených detailů

Detail 01 – Styk štítového zdiva v podkroví s tepelnou izolací v úrovni kleštin	7
Detail 02 – Styk štítového zdiva v podkroví s tepelnou izolací v úrovni krokví	53
Detail 03 – Průchod třívrstvého komínu tepelnou izolací v podkroví	79
Detail 04 – Průchod středového zdiva tepelnou izolací oddělující půdu a interiér	106
Detail 05 – Styk dvou oken v rohu	133
Detail 06 – Styk okna s ostěním tvořeným ocelovým skeletem s dozdívkou	141
Detail 07 – Izolace ztužujícího obvodového věnce	151
Detail 08 – Prostup ocelové trubky obvodovou stěnou	166
Detail 09 – Nadpraží okna v podkroví	176
Detail 10 – Nika v obvodovém zdivu (plyn, elektro)	184
Detail 11 – Roh dvou obvodových zdí	195
Detail 12 – Styk obvodového zdiva a střední nosné zdi	213
Detail 13 – Srubová stěna	229
Detail 14 – Základ srubové stěny	243
Detail 15 – Strop dřevěný trámový u obvodové stěny a u vestavby podkroví	248
Detail 16 – Strop z hrdisek u obvodové stěny a u vestavby podkroví	263
Detail 17 – Okno v ostění	279
Detail 18 – Anizotropie cihel typu Therm	303

Seznam materiálů a jejich vlastností použité ve výpočtu

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]		
	λ_x	λ_y	λ_z
Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)	0,1800		
Omítka ?	0,8000		
Minerální izolace Rockwool	0,0400		
Sádkokarton	0,2200		
Zdivo Therm tl. 400 mm	0,1500		
Zdivo Heluz STI tl. 440 mm	0,1022	0,1322	0,6735
Železobeton	1,5800		
Extrudovaný polystyrén	0,0430		
Heraklit	0,1900		
Zdivo Portherm P+D tl. 365 mm	0,1740		
Zdivo Supertherm P+D tl. 490 mm	0,1440		
Zdivo Therm tl. 190 mm	0,5430		0,8000
Ocel	58,0000		
Zdivo Heluz P+D tl. 440 mm	0,1322	0,3508	0,7502
Zdivo Porotherm tl. 300 mm	0,2500		
Šamot	1,3491		
Beton hutný	1,4000		
Izolace komína ? Rockwool při 200 °C	0,0600		
Zdivo komína	0,8000		
Kulatina smrková	0,1800		
Minerální izolace ORSIL	0,0400		
Ovčí vlna	0,0400		
Zdivo cihlo-beton	0,5200		
Zemina pod základy	2,0000		
Těsnící pěna	0,0500		
Mirelon	0,0380		
Dřevotříska	0,1100		
Plovoucí podlaha	0,2200		
Zdivo z cihly pálené tl. 440 mm	0,8600		
Hurdis	0,8000		
Škvára	0,2700		
Zdivo CDM tl. 365 mm	0,7000		
Beton Izo+	1,4400		
Plynosilikát	0,2000		
Zdivo Porotherm tl. 240 mm	0,4400		
Okno v ostění	1,600		

Poznámky ke zpracování publikace:

- Detaily jsou označeny dvoumístným číslem detailu. Dvoumístné číslo za číslem detailu znamená, o kterou variantu se jedná.
- U většiny vyobrazených detailů je počítán stav mnoha různých variant. Proto jsou některé kóty na obrázcích uvedeny obecně a v tabulce pak je jejich uvažovaný počítaný rozměr v té které variantě. Nejsou pochopitelně uvedeny veškeré možné kombinace a to ani ty, které by vznikly zkombinováním uvedených případů. Pokud jsou totiž například 4 proměnné, jako u detailu 1, počet kombinací je při čtyřech variantách u každé proměnné 4^4 , což znamená, že by zde mohlo být jen v tomto velice okleštěném případě 256 variant. Pochopitelně možností zdiva je mnohokrát více než předpokládané 4 varianty. V případě potřeby rádi spočítáme další konkrétní případy.
- Uvedené hodnoty lineárních (bodových) součinitelů tepelné vodivosti se vždy vztahují na vnitřní rozměry konstrukce. Pokud je uvedeno, že se jedná lineární součinitel prostupu tepla v horní části, jde o lineární součinitel tepla, který je nutný připočítat při výpočtu tepelných ztrát v horní prostora, pokud se jedná o lineární součinitel prostupu tepla v dolní části, jde o lineární součinitel tepla, který je nutný připočítat při výpočtu tepelných ztrát v dolní prostora. Přitom se předpokládá, že oba prostory jsou vytápěny na stejnou konstantní teplotu.
- Veškeré výpočty byly řešeny jako dvourozměrné stacionární teplotní pole. U lineárních tepelných mostů byl použit souřadnicový systém os x a y , u jednoho počítaného bodového tepelného mostu byl použit osový systém r a z .
- U všech výpočtů byly zadávány stejné okrajové podmínky a to pro exteriér $\alpha_e = 23 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ a pro interiér $\alpha_i = 4 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ pro horní polovinu místnosti, $\alpha_i = 2,85 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ pro dolní polovinu místnosti a $\alpha_i = 8 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ pro povrch otvorových výplní.

- Pro výpočet detailů byly použity hodnoty součinitelů tepelné vodivosti λ uvedené v ČSN 73 0540. Zcela výjimečně byly použity jiné hodnoty, a to např. u anizotropních materiálů tam, kde bylo uvažováno s jejich anizotropií neuvedenou v ČSN, v jednom případě u dřevěné konstrukce, kde byly v některých variantách výpočtu uvažovány příznivější hodnoty než jaké jsou uvedeny v normě tak, jak odpovídá některým poznatkům o možných vlastnostech dřevěné konstrukce. Veškeré použité součinitele tepelné vodivosti jsou uvedeny v tabulce.
- Na rozdíl od české i evropské normy byla použita pro výpočet tepelného toku u terénu vlastní okrajová podmínka, a sice že 2 metry pod terénem je konstantní teplota $+10^{\circ}\text{C}$. Tato okrajová podmínka byla zavedena pro výpočty uvedené v této publikaci po zkušenostech z výpočtů stacionárního vedení tepla kdy, pokud je zadána podmínka nárůstu teploty pod terénem v závislosti na hloubce a nebo naopak je zemina bez ohraničující podmínky a předpokládá se přenos tepla zeminou do exteriéru vychází výsledky, které nemohou odpovídat skutečnosti podle dlouhodobé zkušenosti. V tomto případě vznikají velké odchylky výpočtů od reality zejména proto, že výpočty jsou prováděny stacionárně a nerespektuje se obrovská tepelná setrvačnost zeminy pod objektem. Snaha bude tuto publikaci doplnit na www.e-c.cz o příklad počítaný při nestacionárním vedení tepla se započítáním této akumulace a se zavedením předpokladu konstantní teploty v hloubce cca 20 m, kde je podle dlouhodobých meteorologických měření již konstantní teplota bez vlivu zimního či letního období.

Detail 01

Detail 01 představuje napojení svislé obvodové stěny na dřevěný podhled umístěný na kleštinách v podkroví. Jde o klasický detail v novostavbách rodinných domků. Tepelné mosty zde vznikající jsou dokumentovány na snímcích z infrakamery. Při vyšetřování tohoto detailu jsme zkoumali zejména dvě hlediska. Prvním byl vliv druhu obvodové stěny na velikost tepelného mostu a druhým byla snaha o jeho minimalizaci. V různých variantách, které při řešení tohoto detailu vznikly, jsou čtyři variabilní konstrukce. Za prvé je to druh a síla obvodového zdiva, za druhé jde o sílu tepelné izolace na podhledu a za další tepelná izolace na půdě na zdivu tak, aby byl minimalizován přenos tepla svislým směrem na půdu. Poslední proměnou je vnější kontaktní zateplovací systém. V tomto detailu, tak jako i v dalších, jsme cihelné tvarovky typu Therm uvažovali jednak jako izotropní materiál a dále pak jako anizotropní materiál. Pokud byl výpočet prováděn pro anizotropní materiál, tak je to u výpočtů uvedeno.

Detail 01 Varianta 01

Jde o obvyklý případ. Zdivo je cihelné z tvarovek Therm tl. 400 mm, tepelná izolace mezi kleštinami je silná 160 mm. Zdivo je počítané jako izotropní.

Detail 01 Varianta 02

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 01 Varianta 03

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 80 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 01 Varianta 04

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 120 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 01 Varianta 05

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 160 mm izolace mezi sádkartón a tepelnou izolaci.

Detail 01 Varianta 06

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na exteriér byla přidána tepelná izolace o síle 50 mm.

Detail 01 Varianta 07

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na exteriér byla přidána tepelná izolace o síle 80 mm.

Detail 01 Varianta 08

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na exteriér byla přidána tepelná izolace o síle 120 mm.

Detail 01 Varianta 09

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na exteriér byla přidána tepelná izolace o síle 160 mm.

Detail 01 Varianta 10

Jde o stejný případ jako je varianta 1, obvodové zdivo z půdního prostoru bylo zatepleno 50 mm tepelné izolace.

Detail 01 Varianta 11

Jde o stejný případ jako je varianta 1, obvodové zdivo z půdního prostoru bylo zatepleno 80 mm tepelné izolace.

Detail 01 Varianta 12

Jde o stejný případ jako je varianta 1, obvodové zdivo z půdního prostoru bylo zatepleno 120 mm tepelné izolace.

Detail 01 Varianta 13

Jde o stejný případ jako je varianta 1, obvodové zdivo z půdního prostoru bylo zatepleno 160 mm tepelné izolace.

Detail 01 Varianta 14

Jde o stejný případ jako je varianta 13, pouze tepelná izolace zateplení obvodového zdiva na půdě navazuje na tepelnou izolaci mezi kleštinami.

Detail 01 Varianta 15

Jde o stejný případ jako je varianta 1, obvodové zdivo z půdního prostoru bylo zatepleno 160 mm tepelné izolace, exteriér byl zateplen 160 mm tepelné izolace a mezi sádkartón a tepelnou izolaci bylo vloženo dalších 160 mm tepelné izolace.

Detail 01 Varianta 16

Jde o stejný případ jako je varianta 1 obvodové zdivo je z tvarovek typu Therm 365 mm P+D na obyčejnou maltu.

Detail 01 Varianta 17

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami Supe®therm STI 44. Příklad byl počítán jako izotropní.

Detail 01 Varianta 18

Stejný případ jako varianta 17, případ byl počítán jako anizotropní.

Detail 01 Varianta 19

Jde o stejný případ jako je varianta 1 použité zdivo Supe®therm 490 P+D na teplou maltu.

Detail 01 Varianta 20

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s plynosilikátovým zdivem 375 mm.

Detail 01 Varianta 21

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 120 mm EPS. Cihly byly uvažovány jako izotropní materiál.

Detail 01 Varianta 22

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 160 mm EPS. Cihly byly uvažovány jako izotropní materiál.

Detail 01 Varianta 23

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 120 mm Rockwool. Cihly byly uvažovány jako izotropní materiál.

Detail 01 Varianta 24

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 160 mm Rockwool. Cihly byly uvažovány jako izotropní materiál.

Detail 01 Varianta 25

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 120 mm EPS. Cihly byly uvažovány jako anizotropní materiál.

Detail 01 Varianta 26

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 160 mm EPS. Cihly byly uvažovány jako anizotropní materiál.

Detail 01 Varianta 27

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 120 mm Rockwool. Cihly byly uvažovány jako anizotropní materiál.

Detail 01 Varianta 28

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 160 mm Rockwool. Cihly byly uvažovány jako anizotropní materiál.

Detail 01 Varianta 29

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 120 mm EPS. Dále bylo zatepleno půdní zdivo 120 mm EPS. Cihly byly uvažovány jako anizotropní materiál.

Detail 01 Varianta 30

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 160 mm EPS. Dále bylo zatepleno půdní zdivo 120 mm EPS. Cihly byly uvažovány jako anizotropní materiál.

Detail 01 Varianta 31

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 120 mm Rockwool. Dále bylo zatepleno půdní zdivo 120 mm Rockwool. Cihly byly uvažovány jako anizotropní materiál.

Detail 01 Varianta 32

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno s cihlami síly 190 mm s vnějším zateplením síly 160 mm Rockwool. Dále bylo zatepleno půdní zdivo 120 mm Rockwool. Cihly byly uvažovány jako anizotropní materiál.

Detail 01 Varianta 33

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno se zdivem IZOPLUS (třívrstvý sendvič s vloženým EPS síly 100 mm).

Detail 01 Varianta 34

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno se zdivem IZOPLUS (třívrstvý sendvič s vloženým EPS síly 100 mm). Dále bylo zatepleno půdní zdivo 50 mm EPS.

Detail 01 Varianta 35

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno se zdivem IZOPLUS (třívrstvý sendvič s vloženým EPS síly 100 mm). Dále bylo zatepleno půdní zdivo 80 mm EPS.

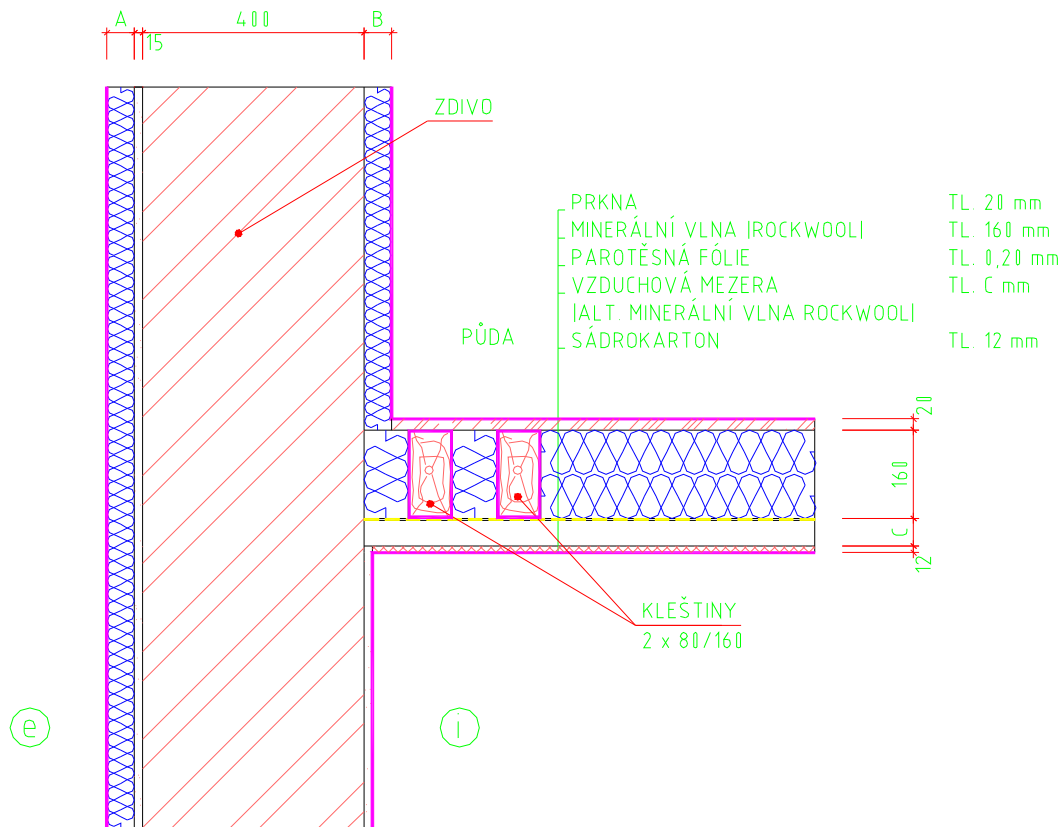
Detail 01 Varianta 36

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno se zdivem IZOPLUS (třívrstvý sendvič s vloženým EPS síly 100 mm). Dále bylo zatepleno půdní zdivo 120 mm EPS.

Detail 01 Varianta 37

Jde o stejný případ jako je varianta 1, jako zdivo bylo uvažováno se zdivem IZOPLUS (třívrstvý sendvič s vloženým EPS síly 100 mm). Dále bylo zatepleno půdní zdivo 160 mm EPS.

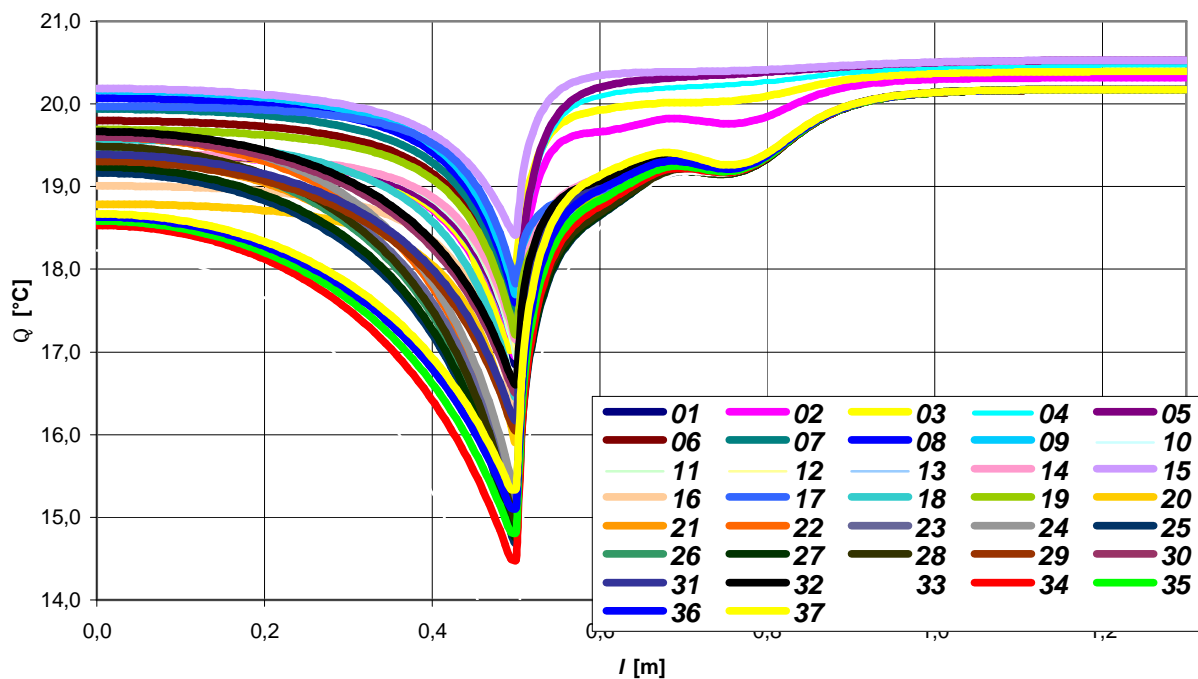
Schématický obrázek detailu 01



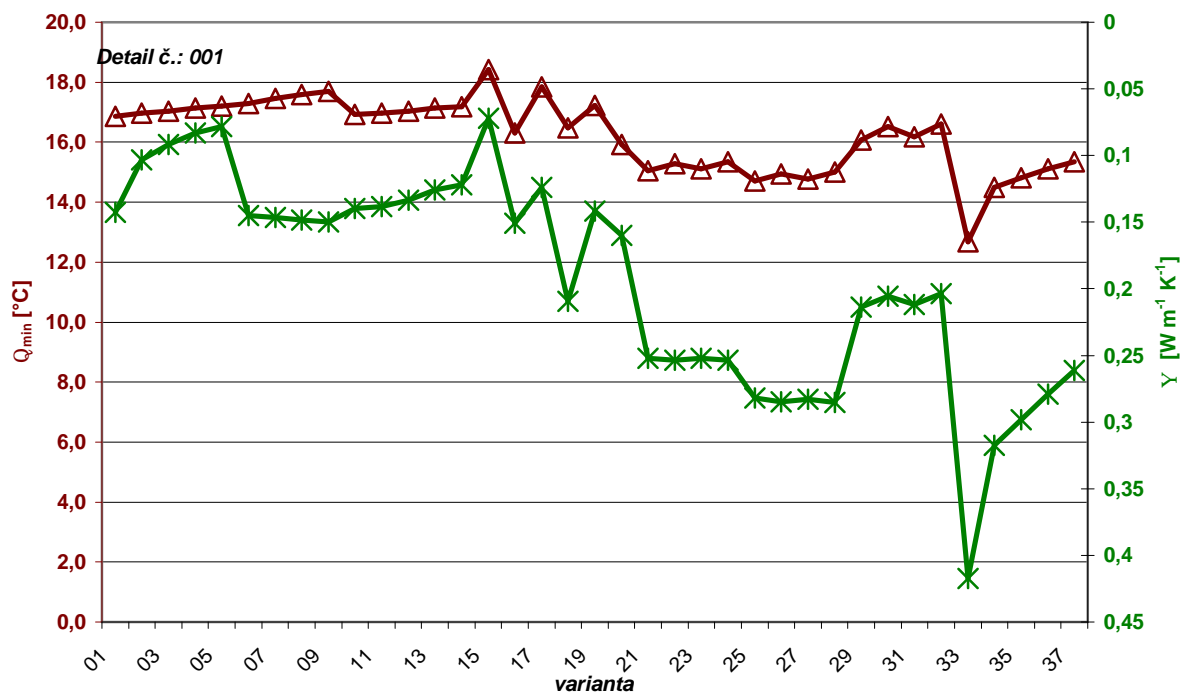
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

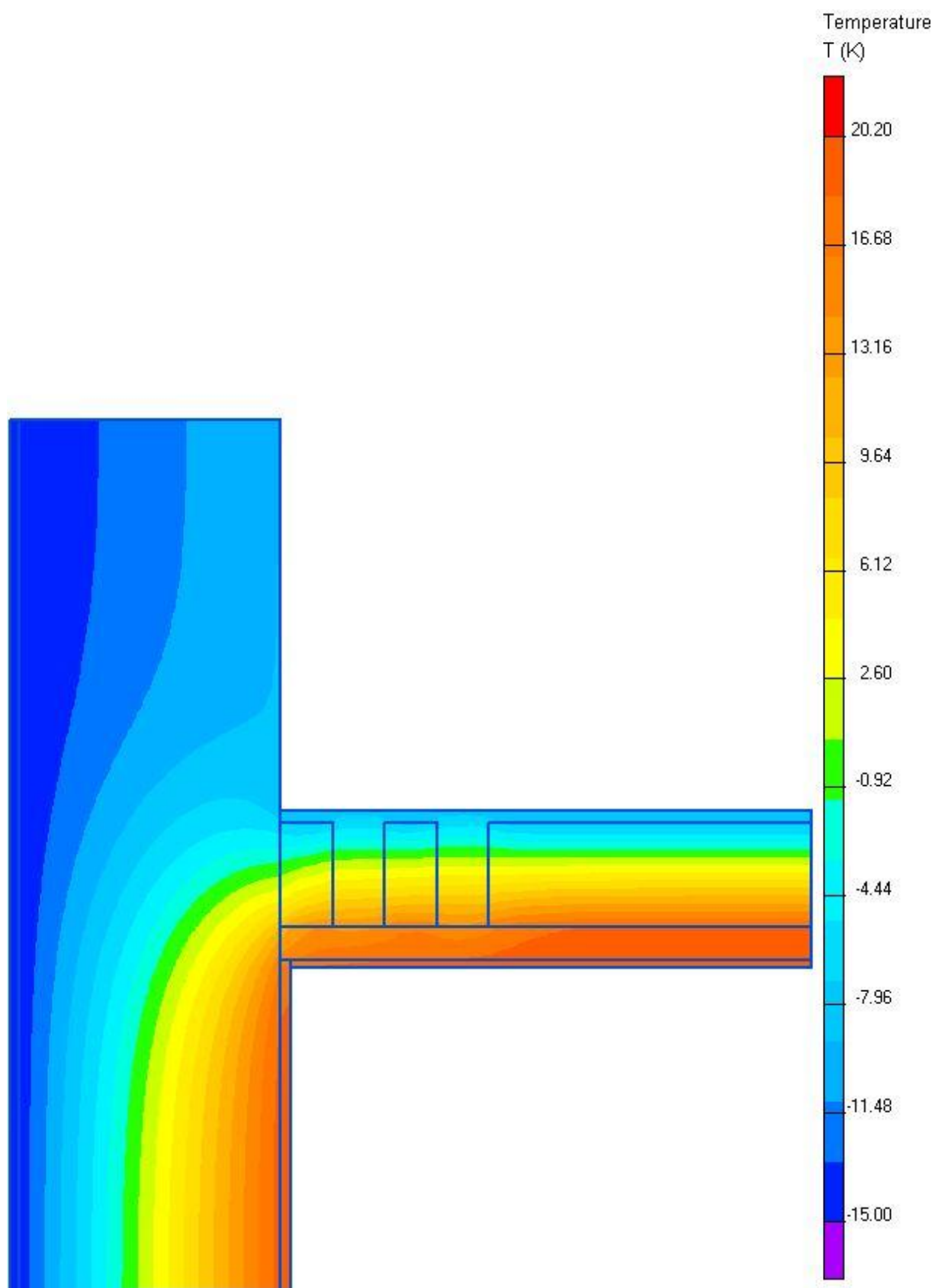
001 Styk štítového zdiva v podkroví s tepelnou izolací v úrovni kleštin						
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)				Y	$Q_{si,min}$
	zdivo	A	B	C	$W m^{-1} K^{-1}$	°C
01	Therm tl. 400 mm	0	0	0	0,14	16,86
02	Therm tl. 400 mm	0	0	50	0,10	16,96
03	Therm tl. 400 mm	0	0	80	0,09	17,04
04	Therm tl. 400 mm	0	0	120	0,08	17,14
05	Therm tl. 400 mm	0	0	160	0,08	17,21
06	Therm tl. 400 mm	50	0	0	0,15	17,30
07	Therm tl. 400 mm	80	0	0	0,15	17,45
08	Therm tl. 400 mm	120	0	0	0,15	17,60
09	Therm tl. 400 mm	160	0	0	0,15	17,70
10	Therm tl. 400 mm	0	50	0	0,14	16,93
11	Therm tl. 400 mm	0	80	0	0,14	16,97
12	Therm tl. 400 mm	0	120	0	0,13	17,04
13	Therm tl. 400 mm	0	160	0	0,13	17,14
14	Therm tl. 400 mm	0	160+	0	0,12	17,17
15	Therm tl. 400 mm	160	160+	160	0,07	18,42
16	Porotherm P+D tl. 365 mm	0	0	0	0,15	16,31
17	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	0	0	0	0,12	17,84
18	Supertherm 44 P+D ANIZOTROPNÍ	0	0	0	0,21	16,48
19	Supertherm 49 P+D	0	0	0	0,14	17,22
20	Plynosilikát tl. 375 mm	0	0	0	0,16	15,93
21	EPS + Therm tl. 190 mm	120	0	0	0,25	15,04
22	EPS + Therm tl. 190 mm	160	0	0	0,25	15,29
23	Rockwool + Therm tl. 190 mm	120	0	0	0,25	15,11
24	Rockwool + Therm tl. 190 mm	160	0	0	0,25	15,35
25	EPS + Therm tl. 190 mm ANIZOTROPNÍ	120	0	0	0,28	14,70
26	EPS + Therm tl. 190 mm ANIZOTROPNÍ	160	0	0	0,28	14,94
27	Rockwool + Therm tl. 190 mm ANIZOTROPNÍ	120	0	0	0,28	14,76
28	Rockwool + Therm tl. 190 mm ANIZOTROPNÍ	160	0	0	0,29	14,99
29	EPS + Therm tl. 190 mm ANIZOTROPNÍ	120	120	0	0,21	16,06
30	EPS + Therm tl. 190 mm ANIZOTROPNÍ	160	120	0	0,21	16,51
31	Rockwool + Therm tl. 190 mm ANIZOTROPNÍ	120	120	0	0,21	16,18
32	Rockwool + Therm tl. 190 mm ANIZOTROPNÍ	160	120	0	0,20	16,62
33	IzoPlus (3 + 10 +17)	0	0	0	0,42	12,68
34	IzoPlus (3 + 10 +17)	0	50	0	0,32	14,49
35	IzoPlus (3 + 10 +17)	0	80	0	0,30	14,82
36	IzoPlus (3 + 10 +17)	0	120	0	0,28	15,11
37	IzoPlus (3 + 10 +17)	0	160	0	0,26	15,34

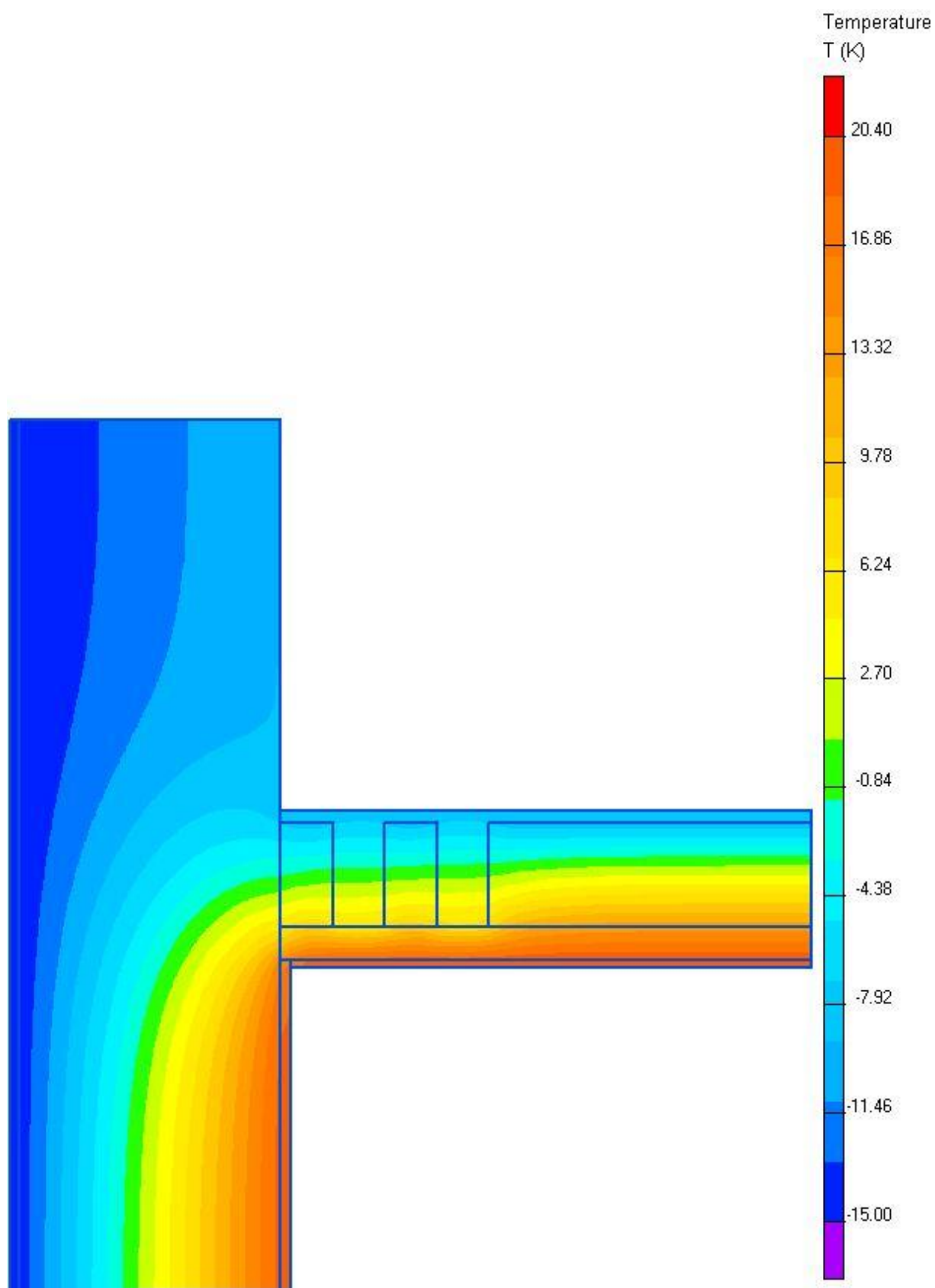
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

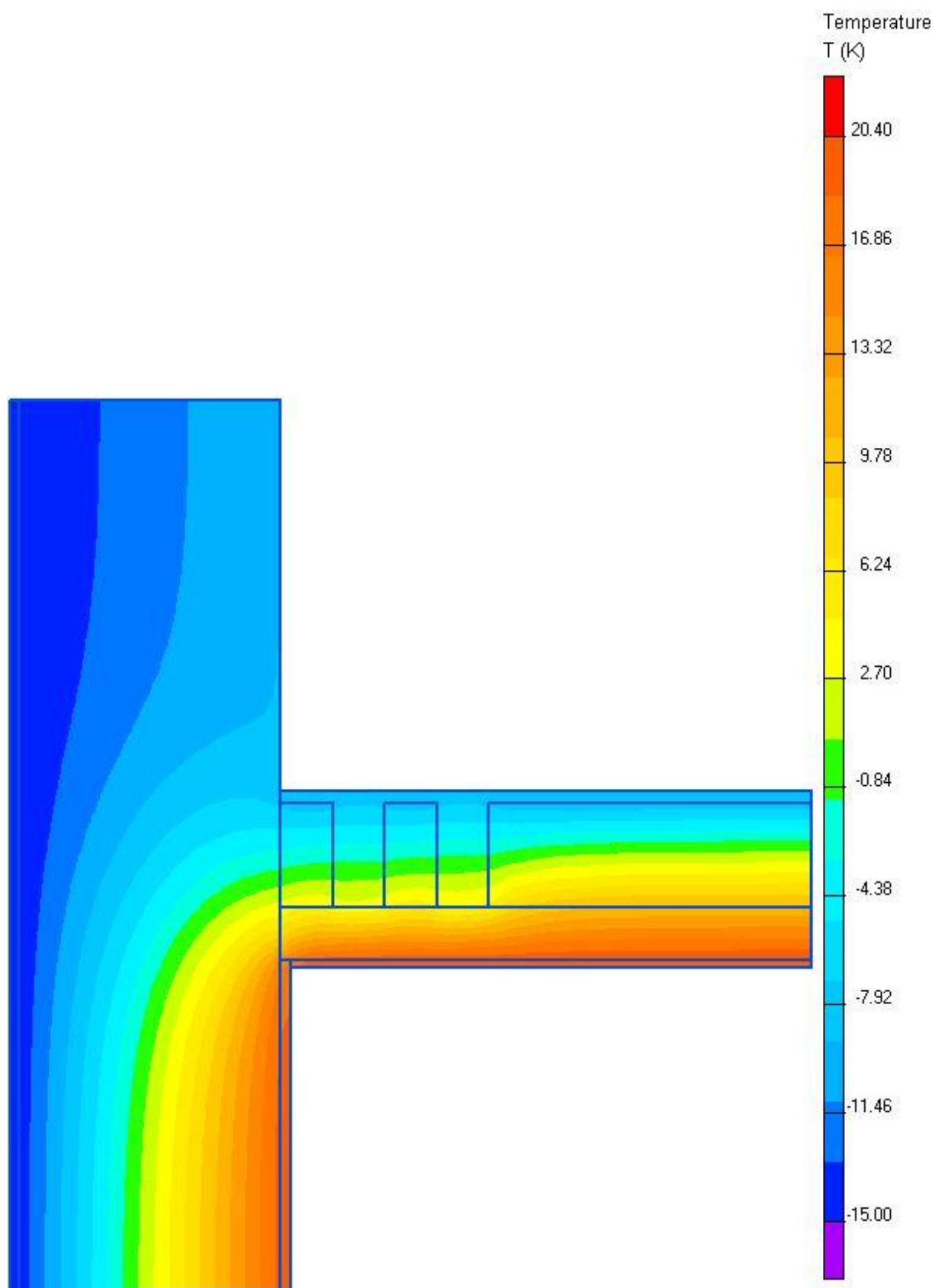


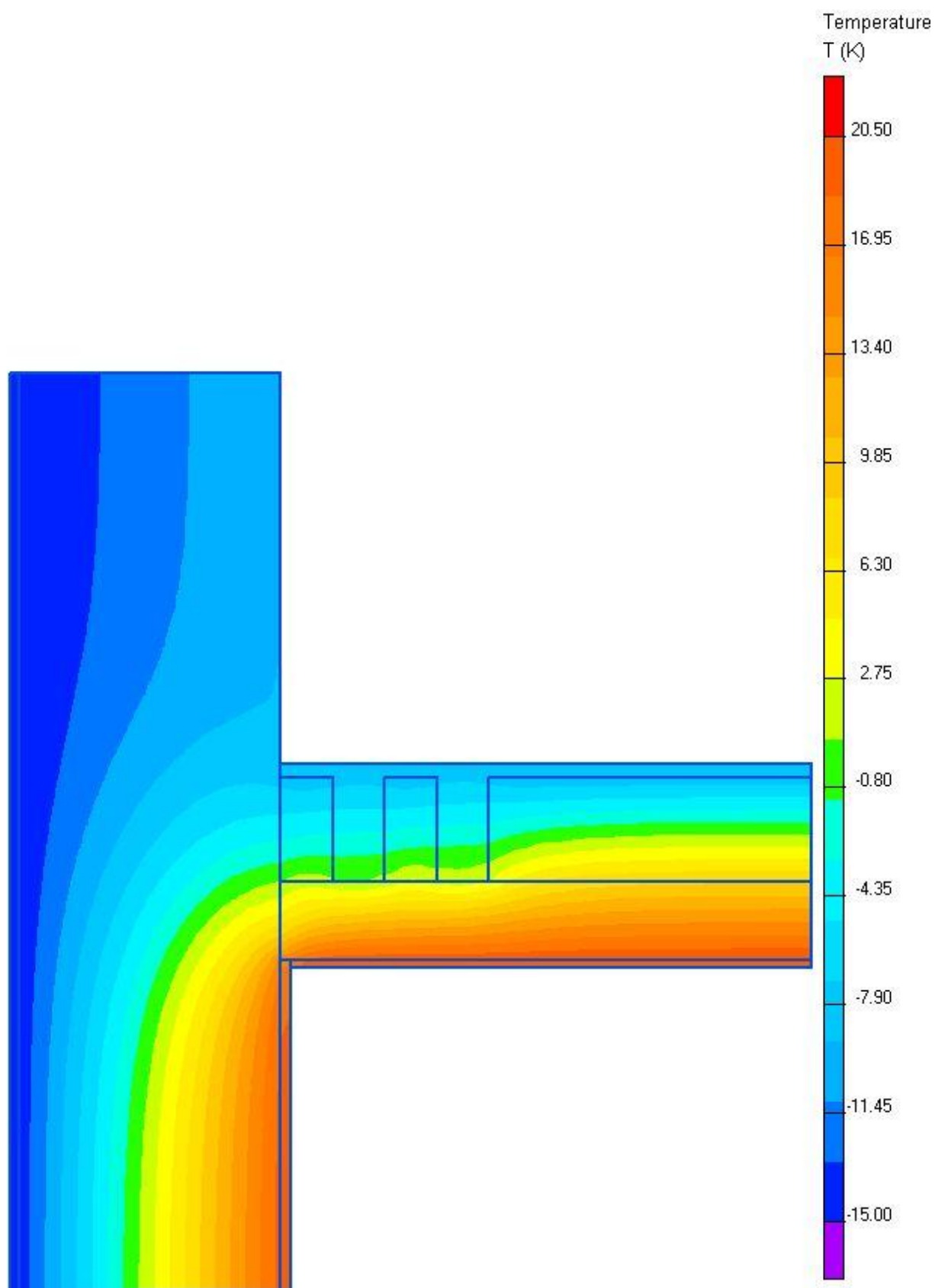
Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů tepelné vodivosti

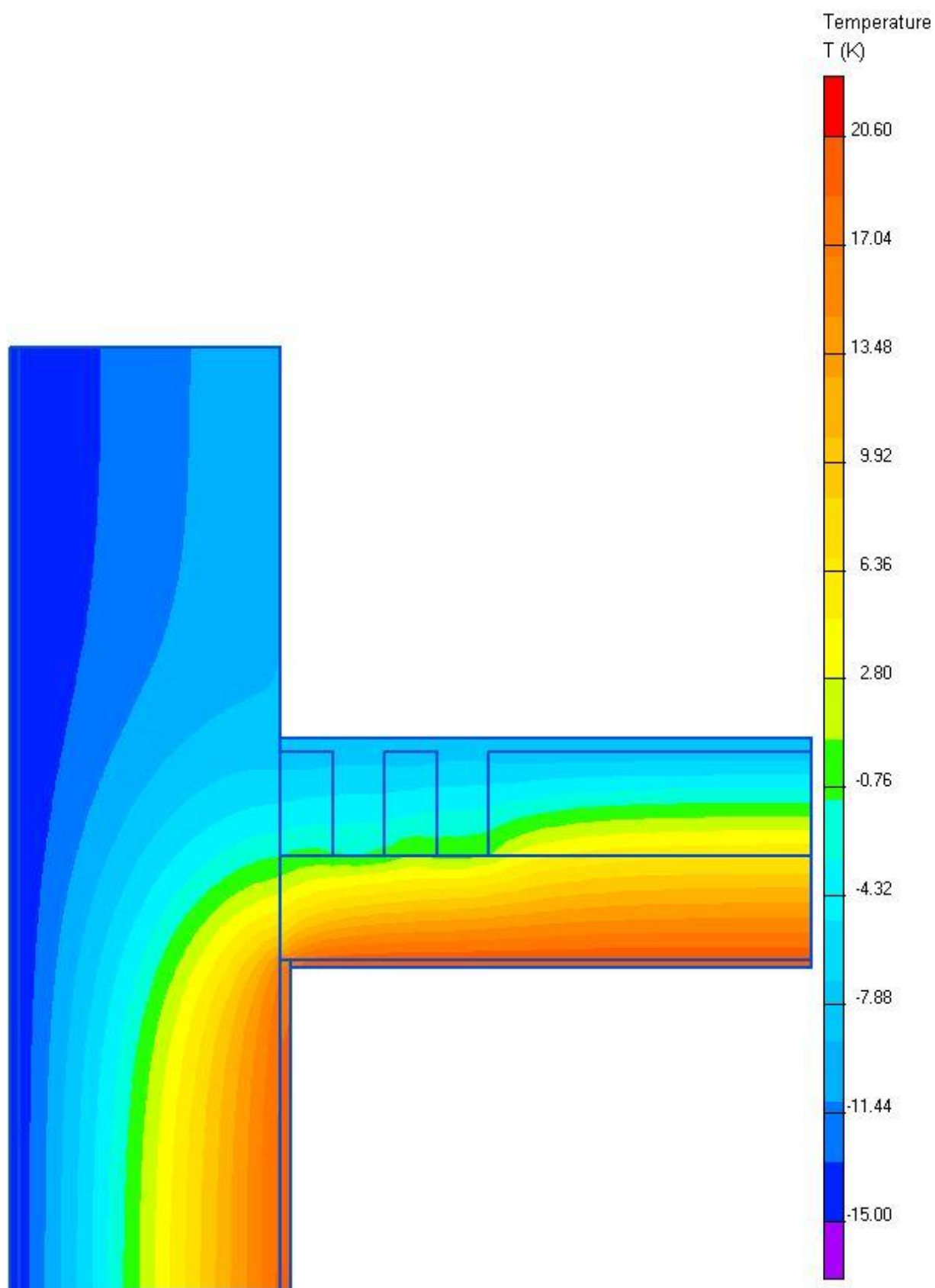


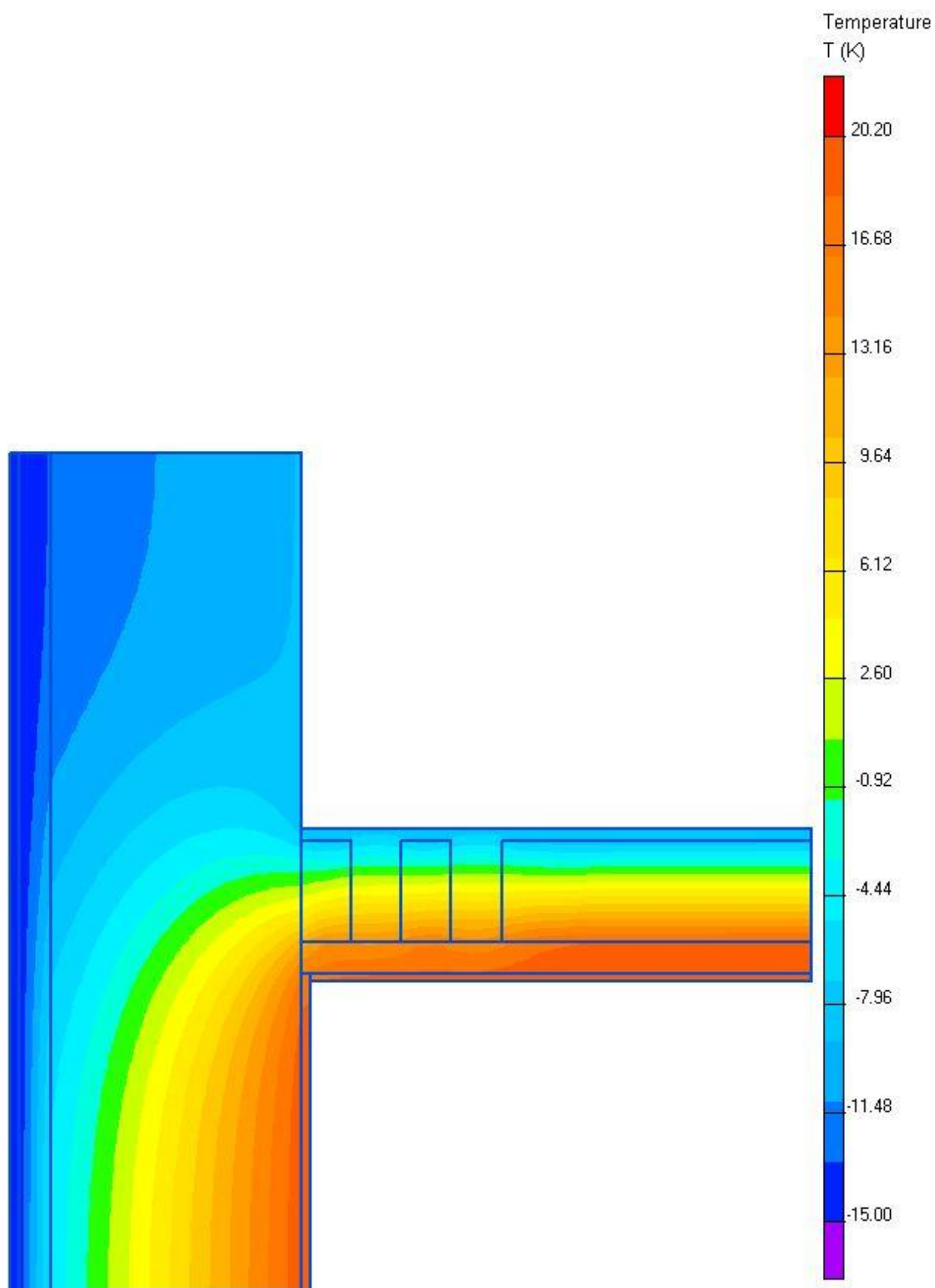


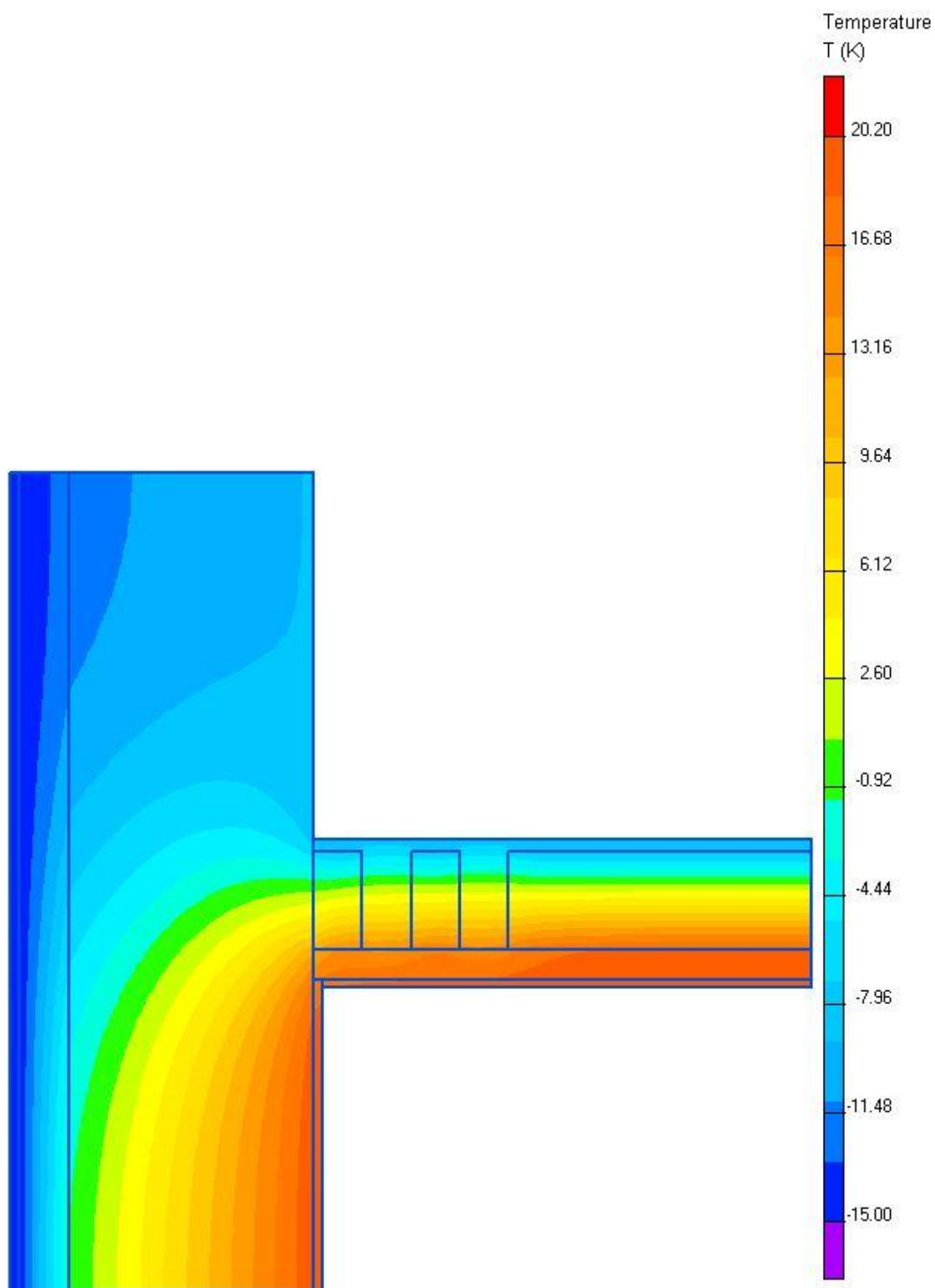


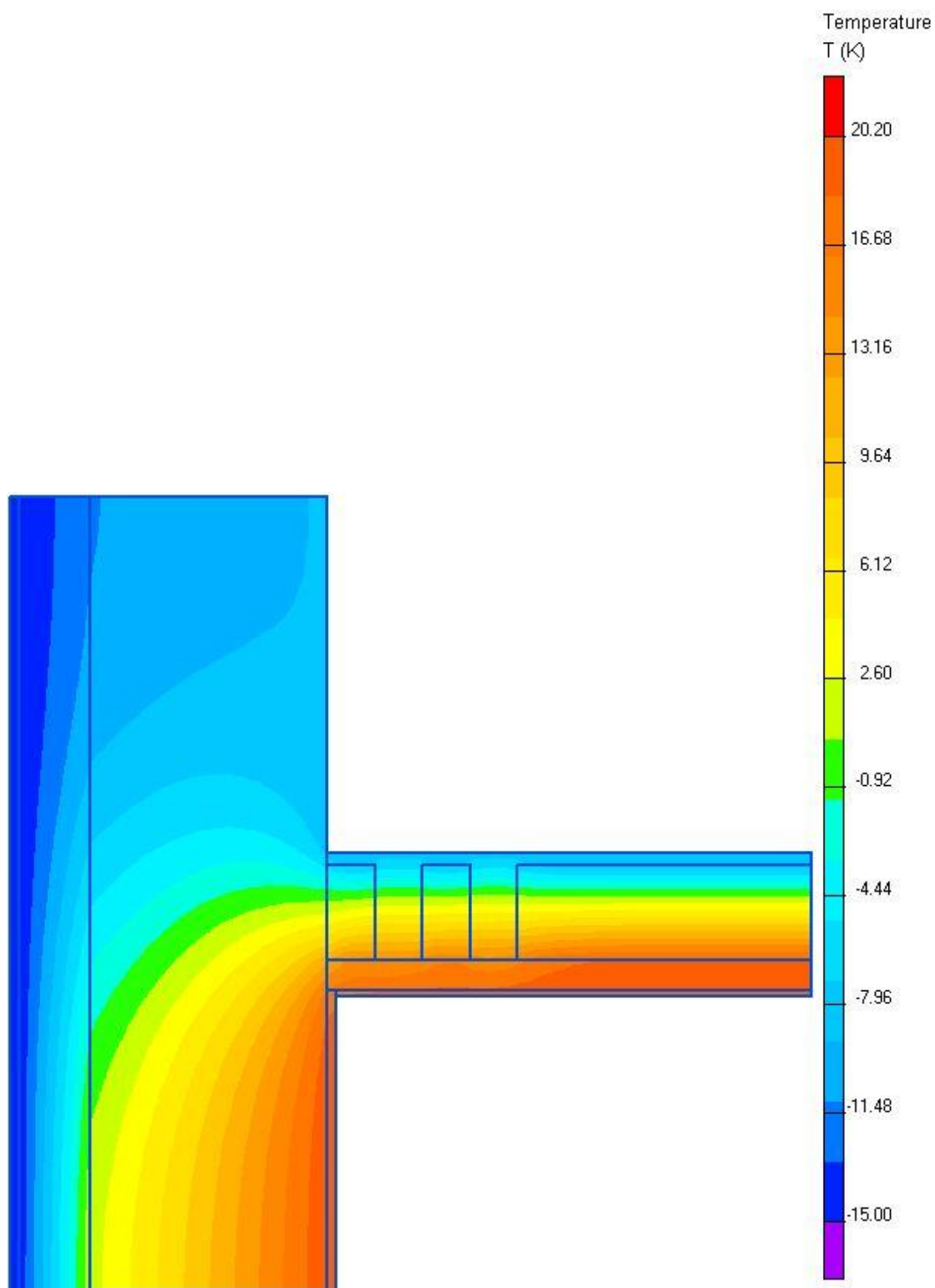


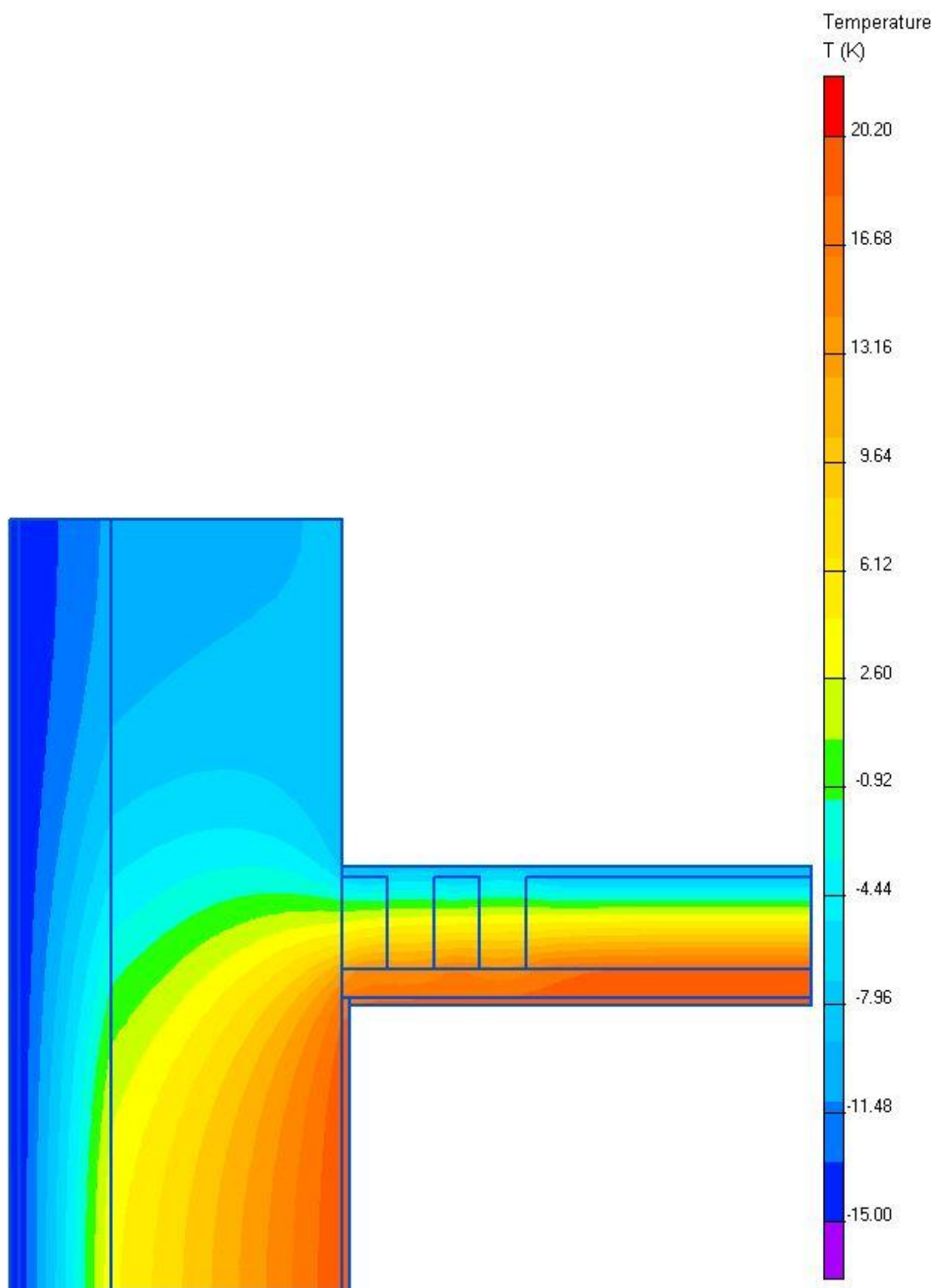


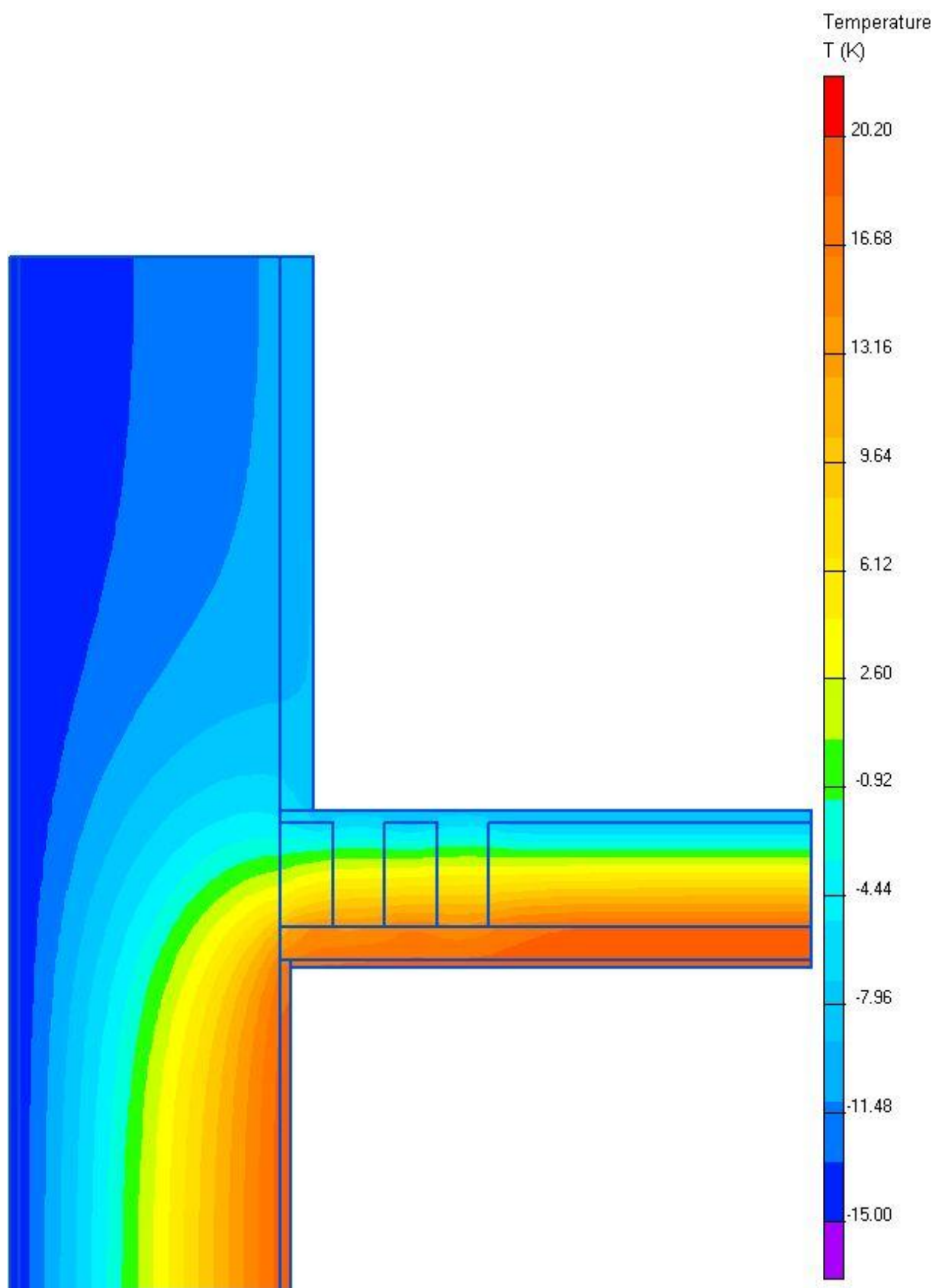


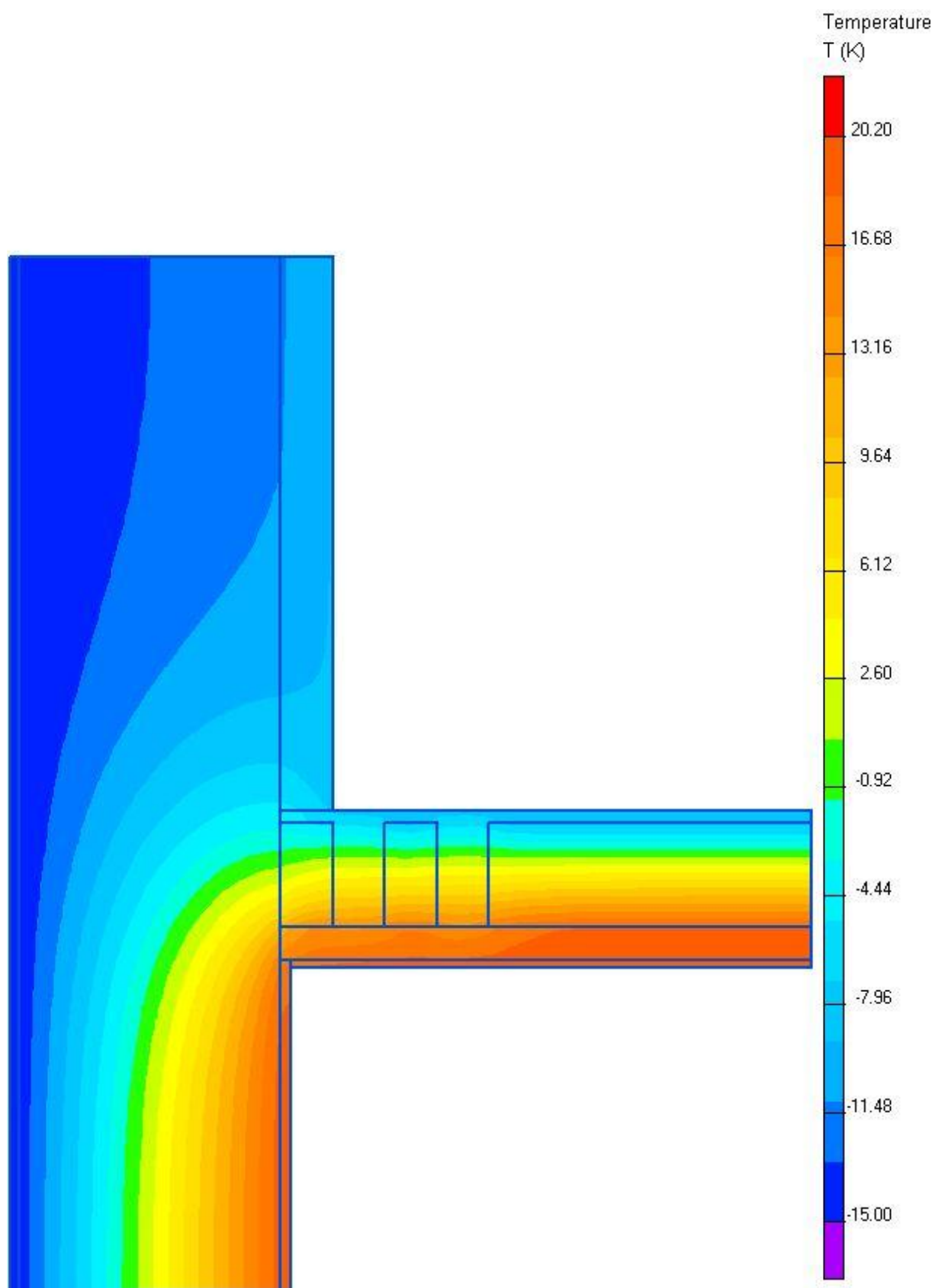


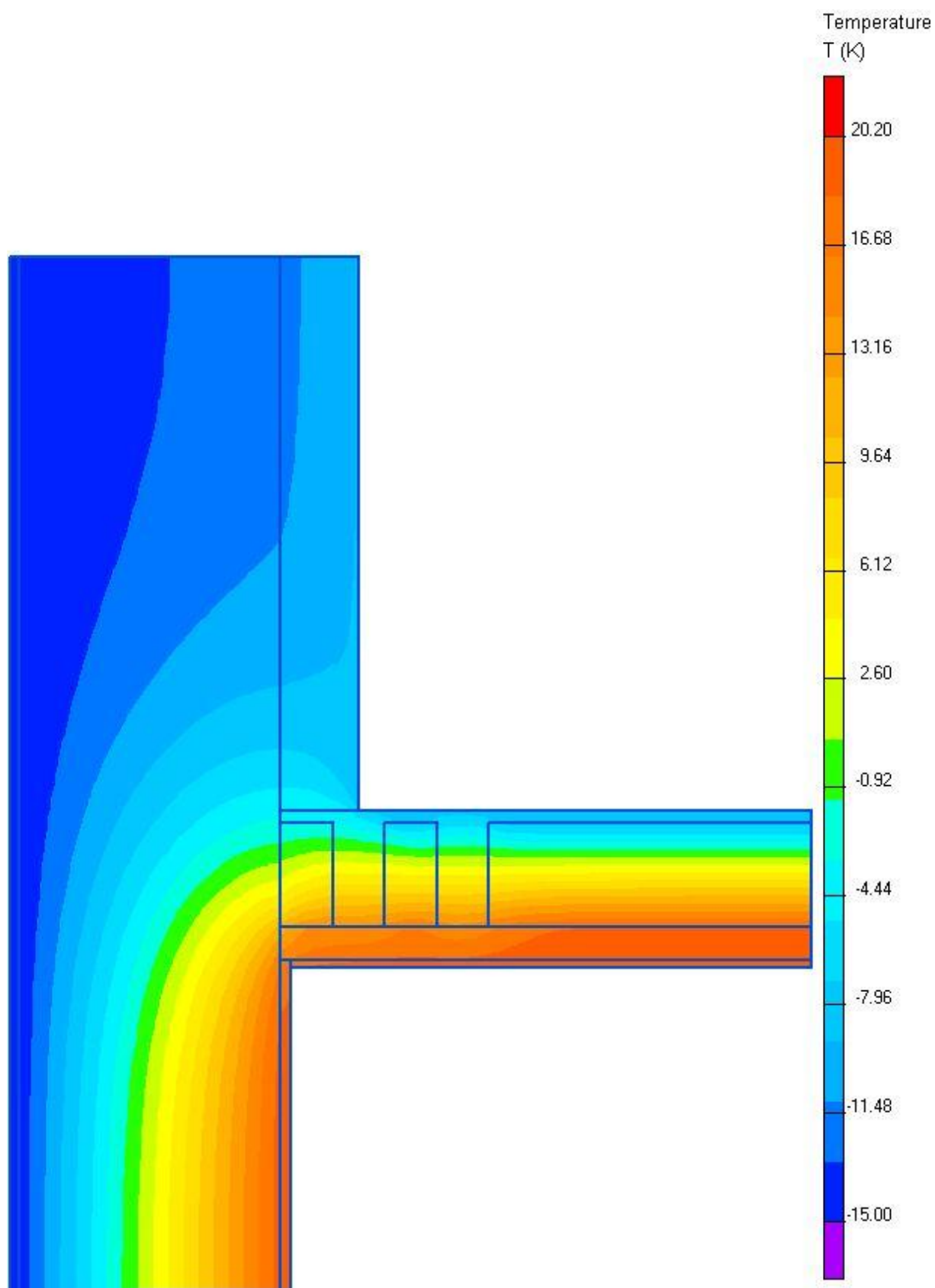


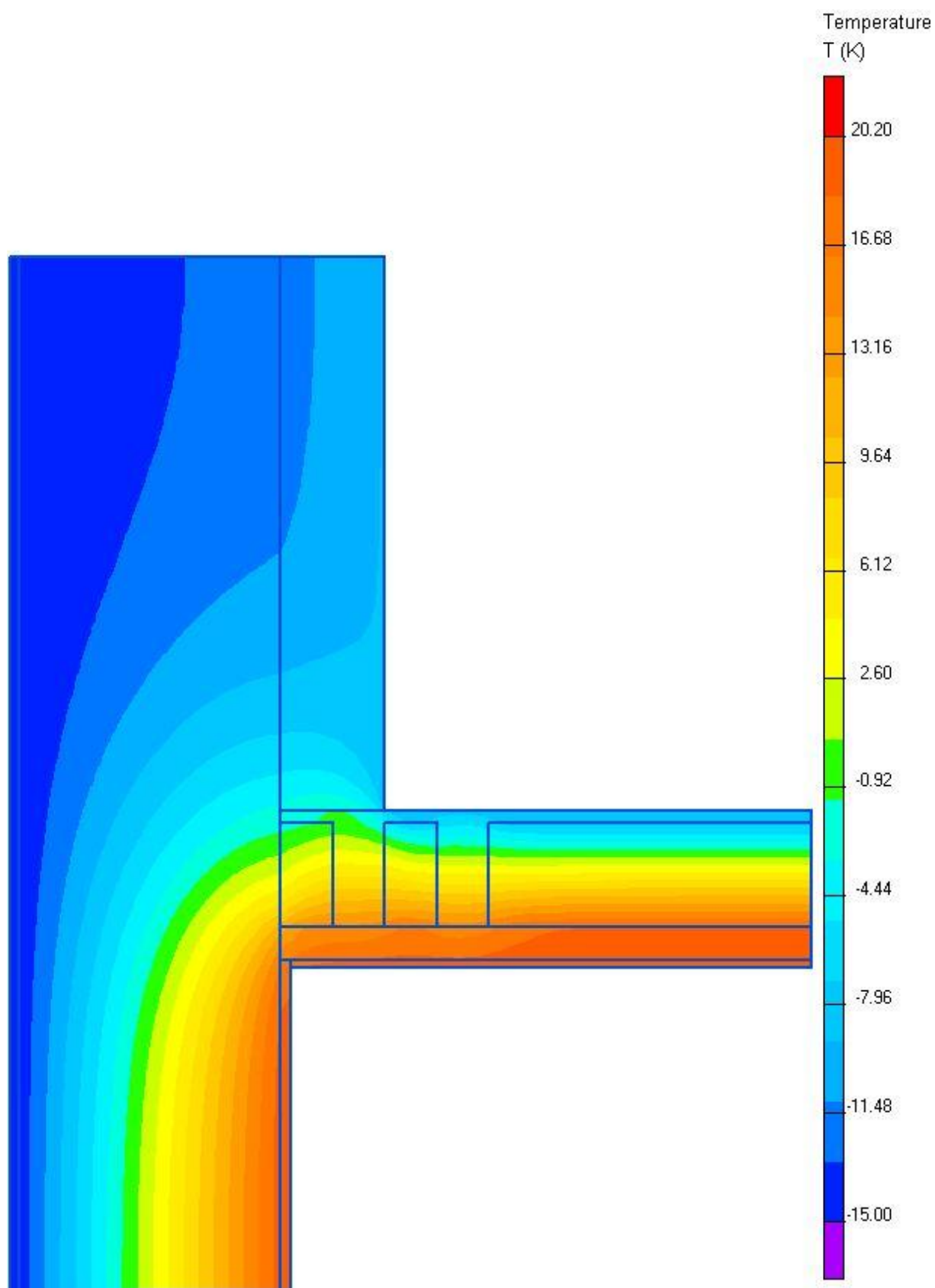


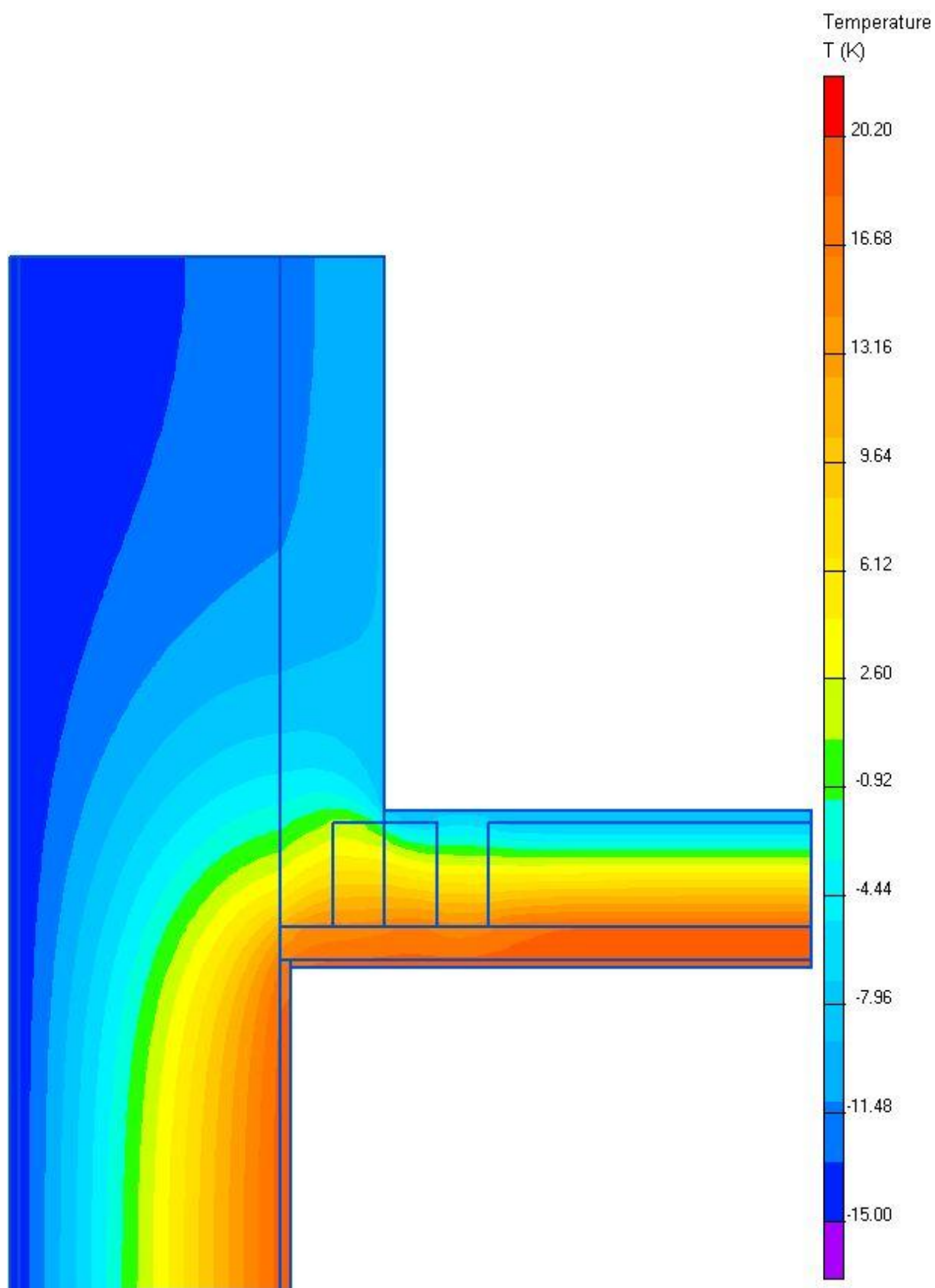


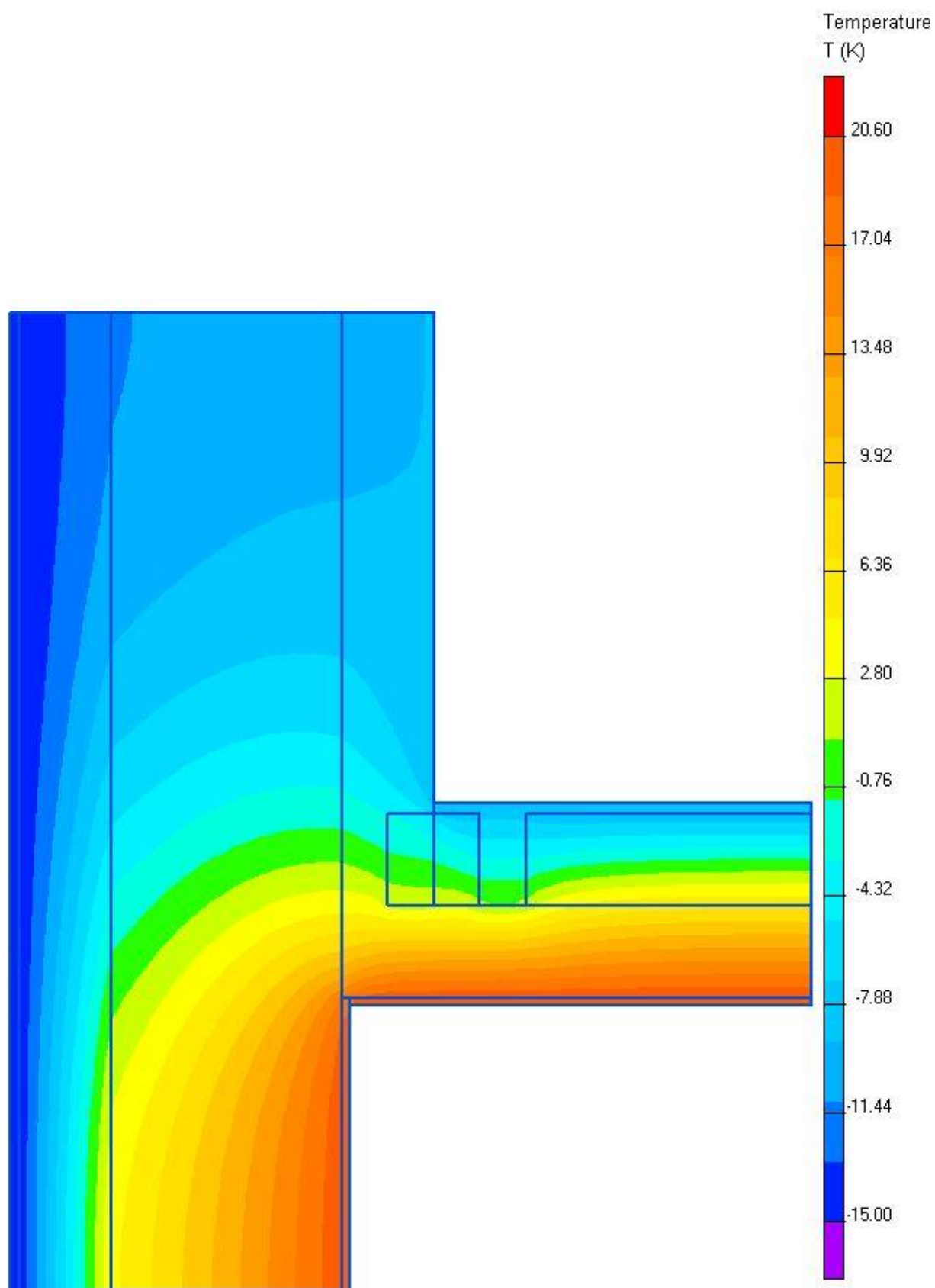


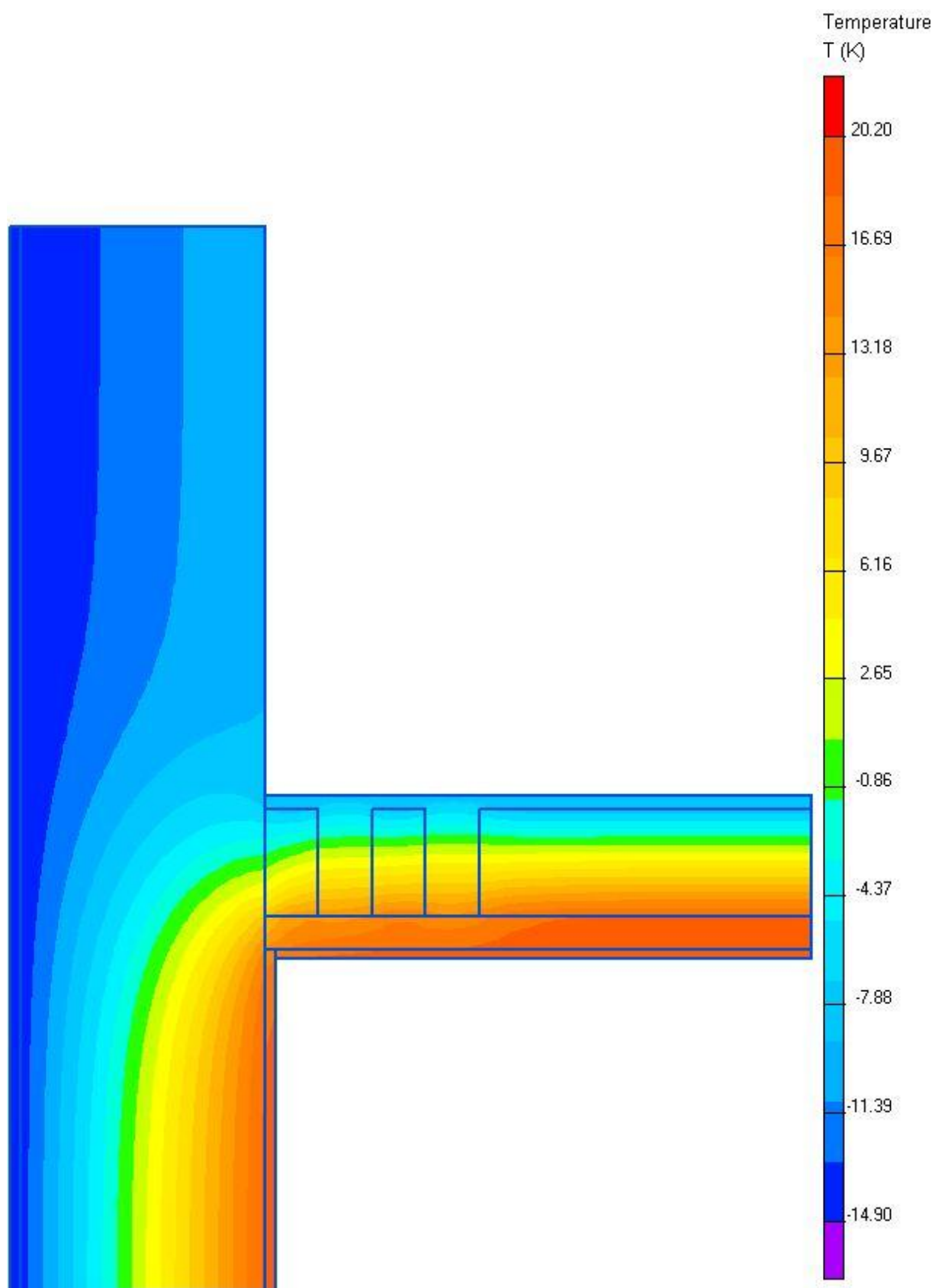


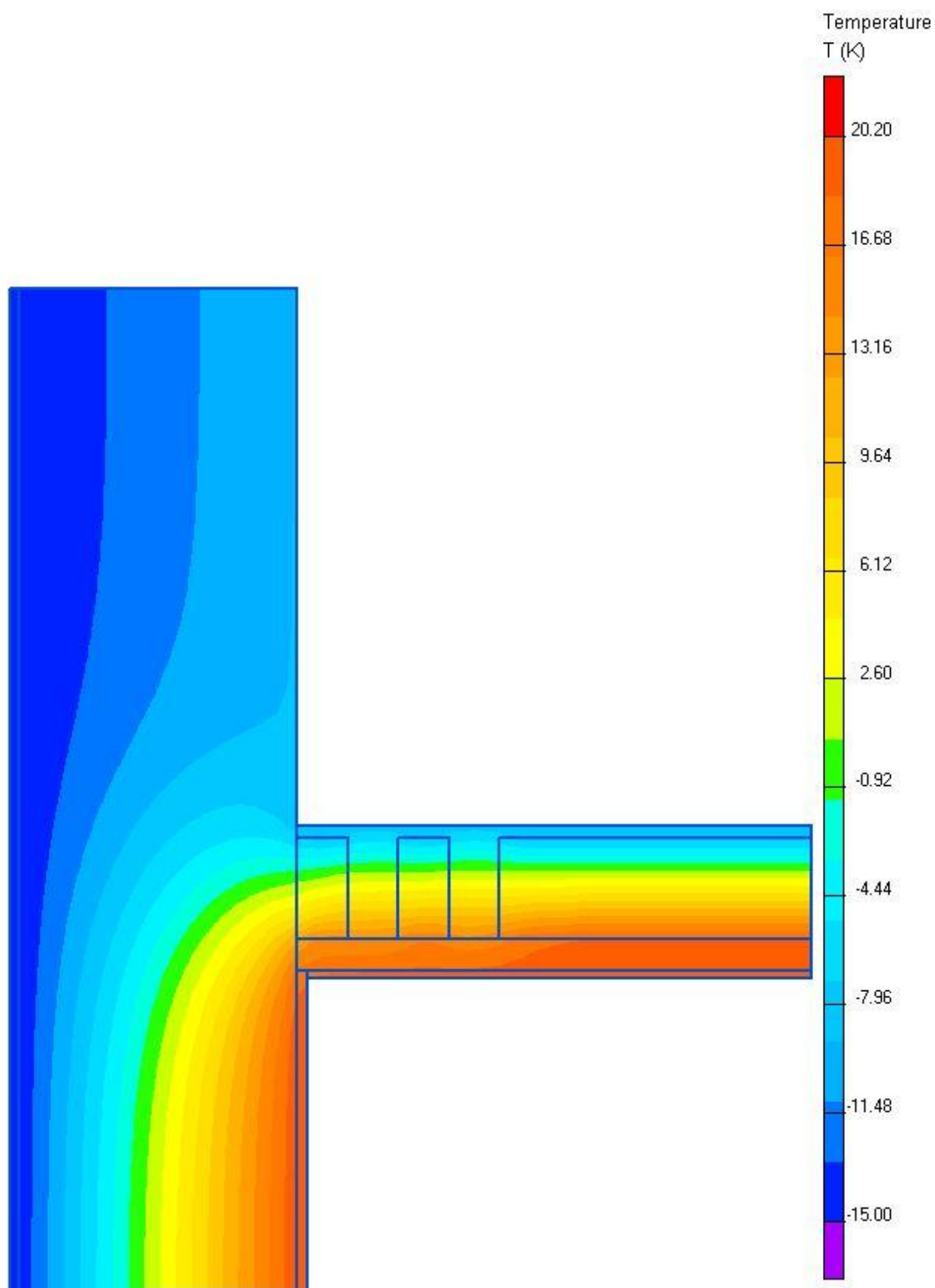


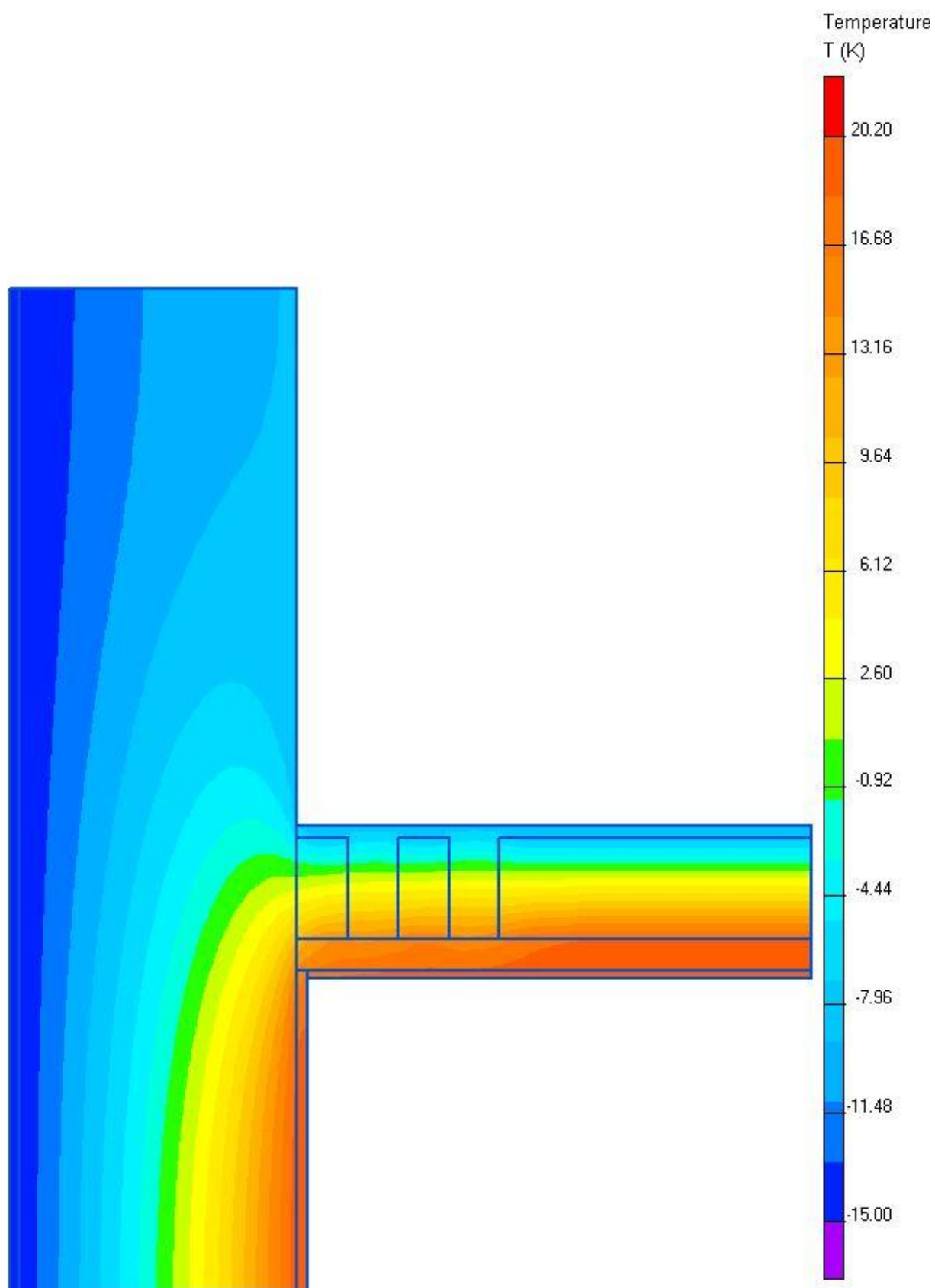


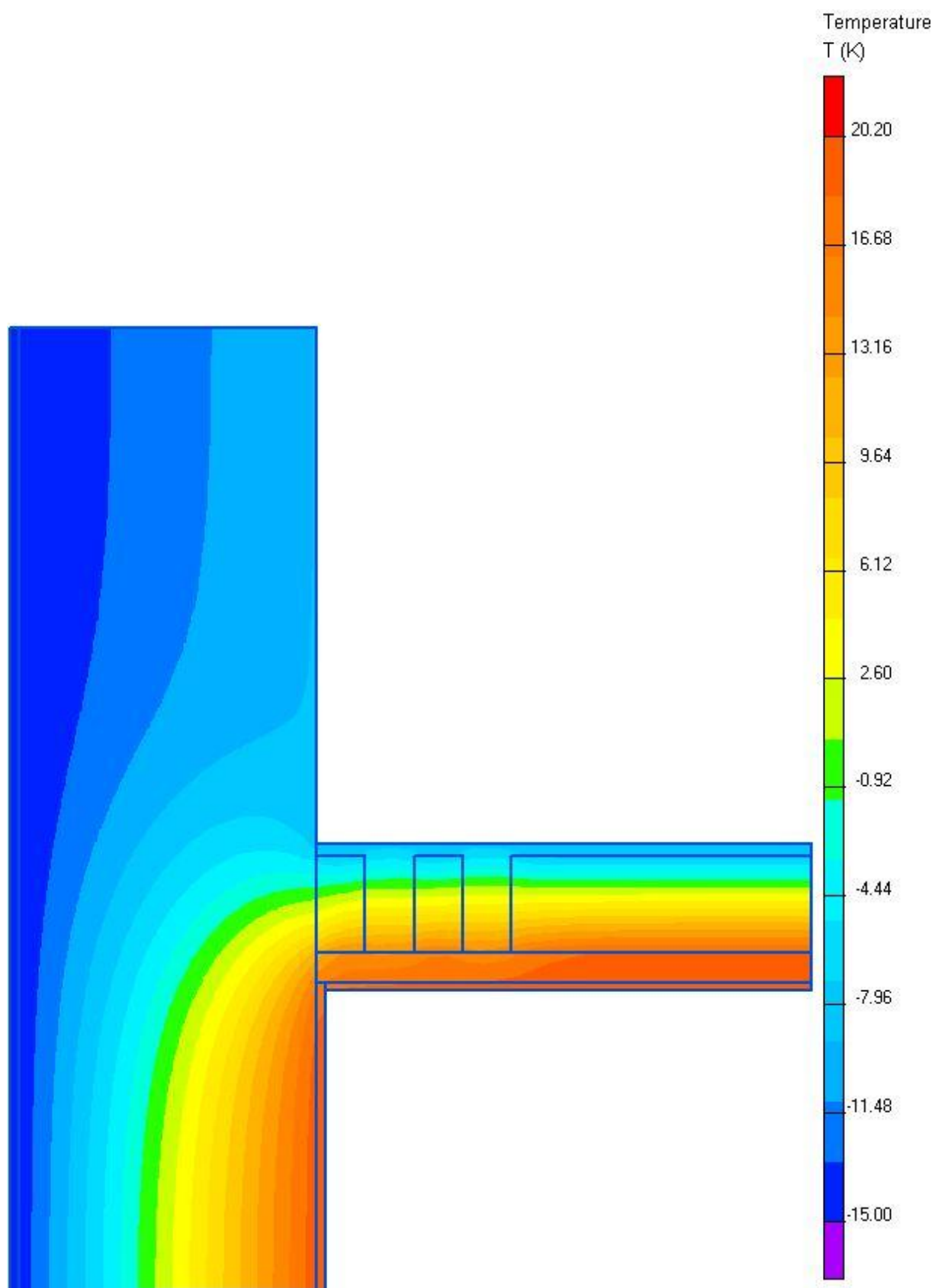


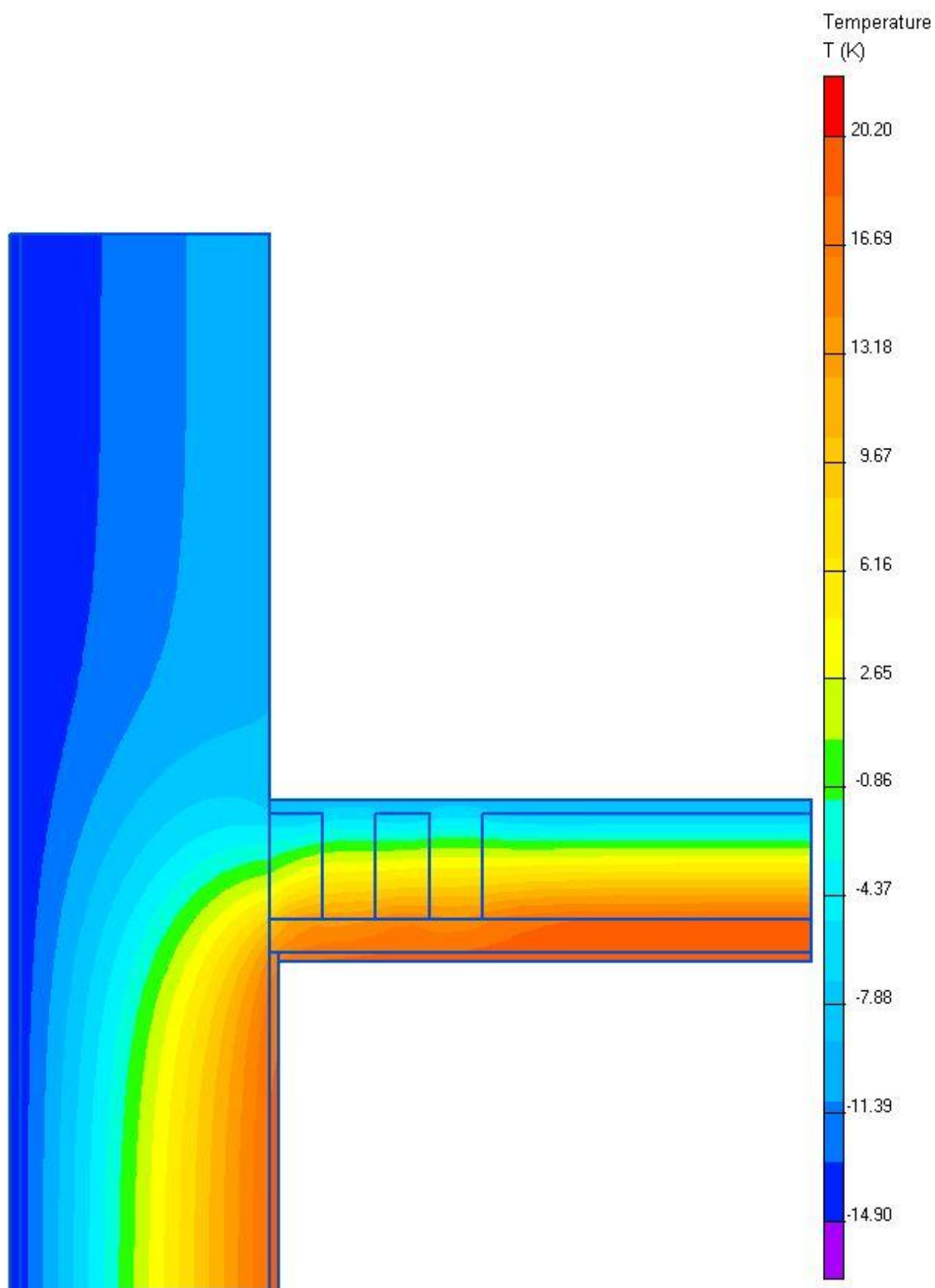


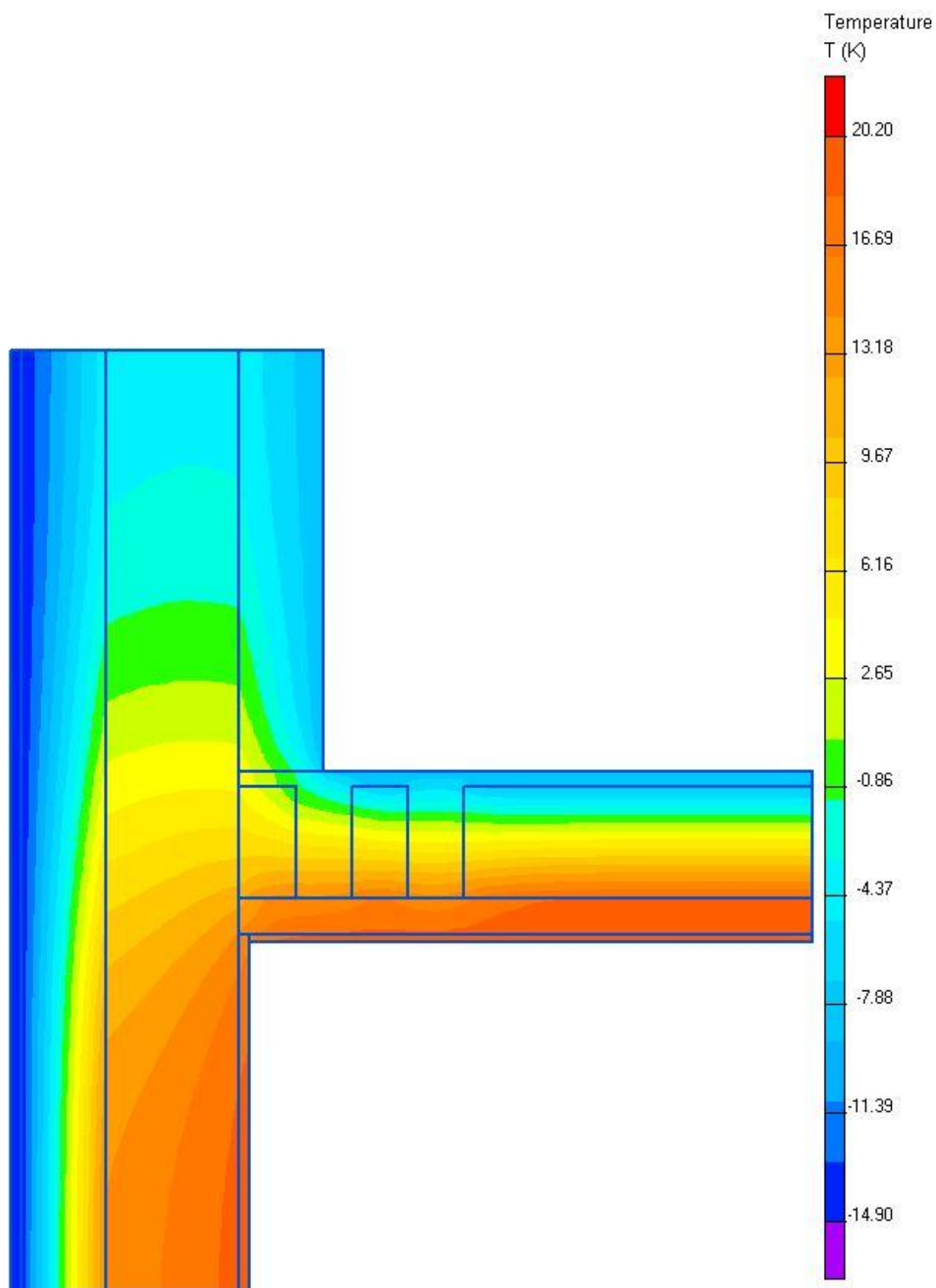


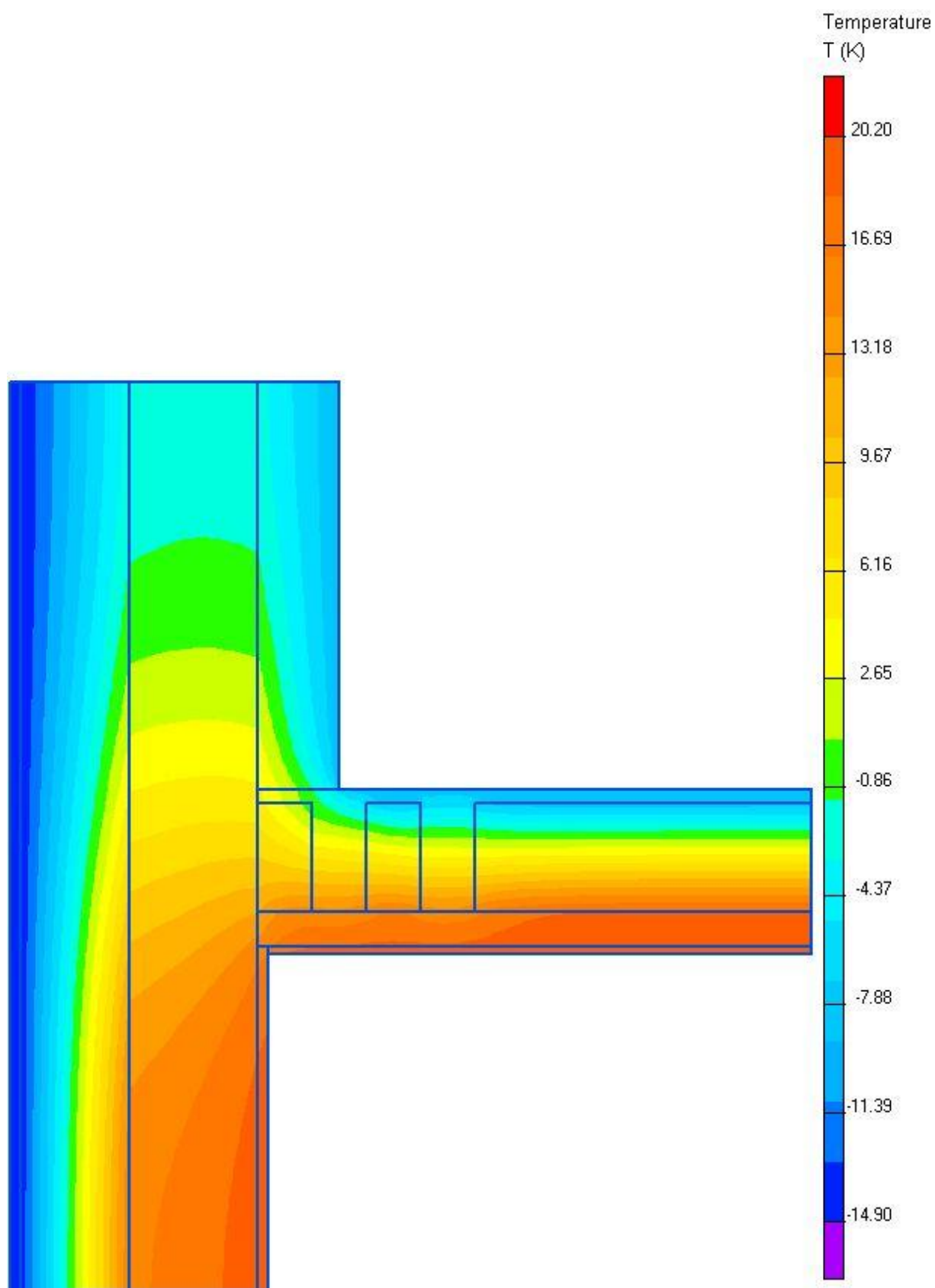


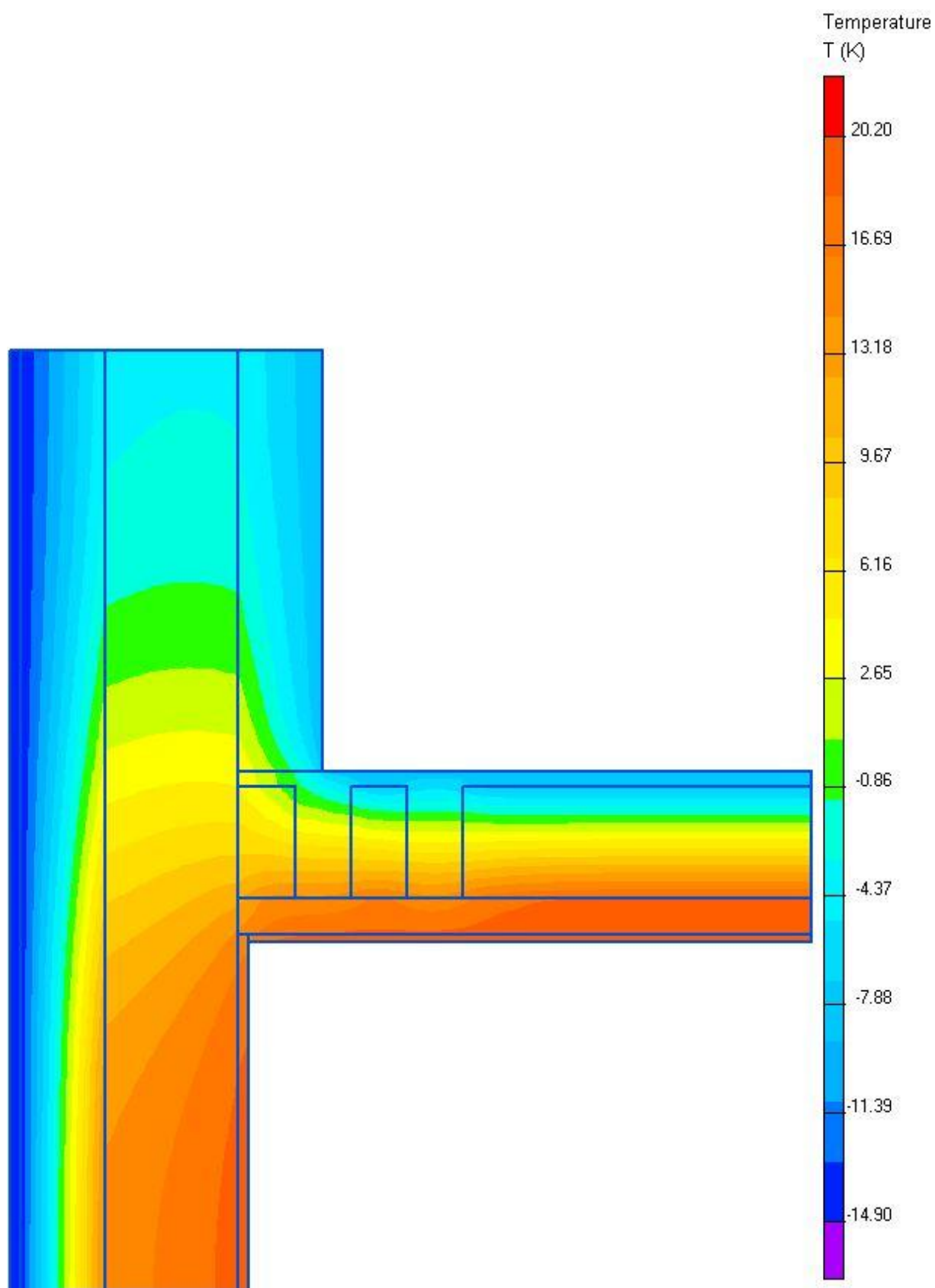


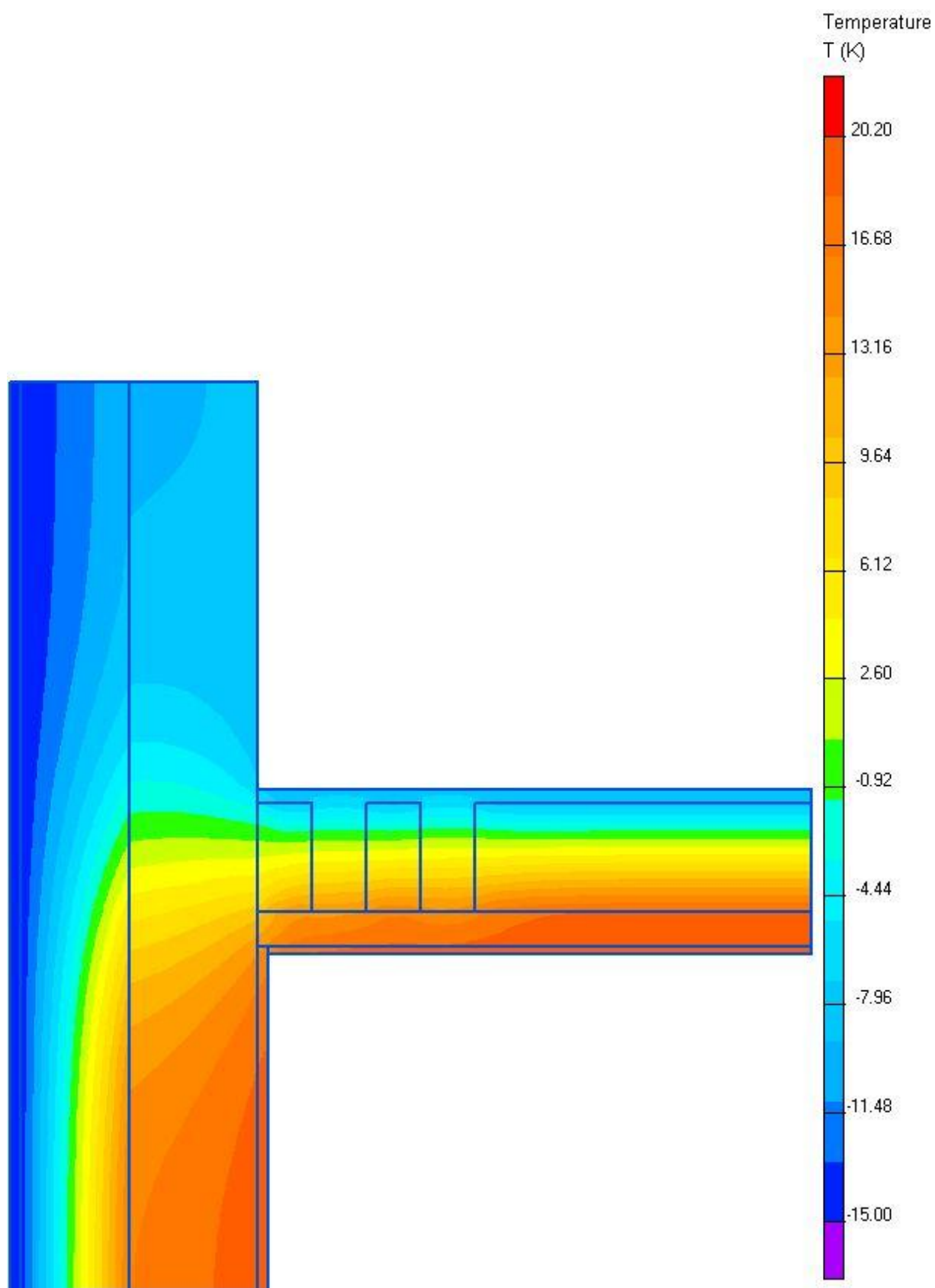


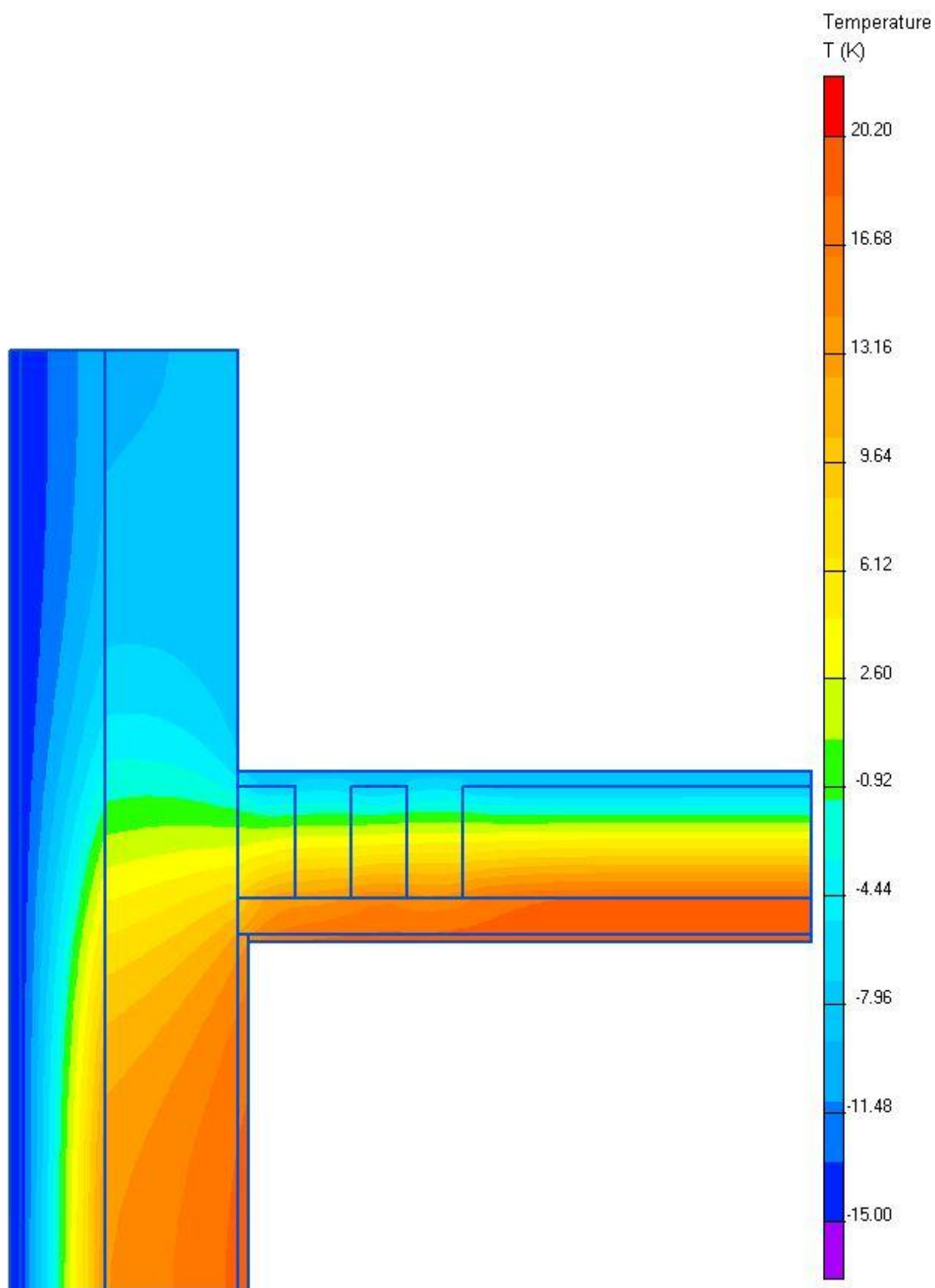


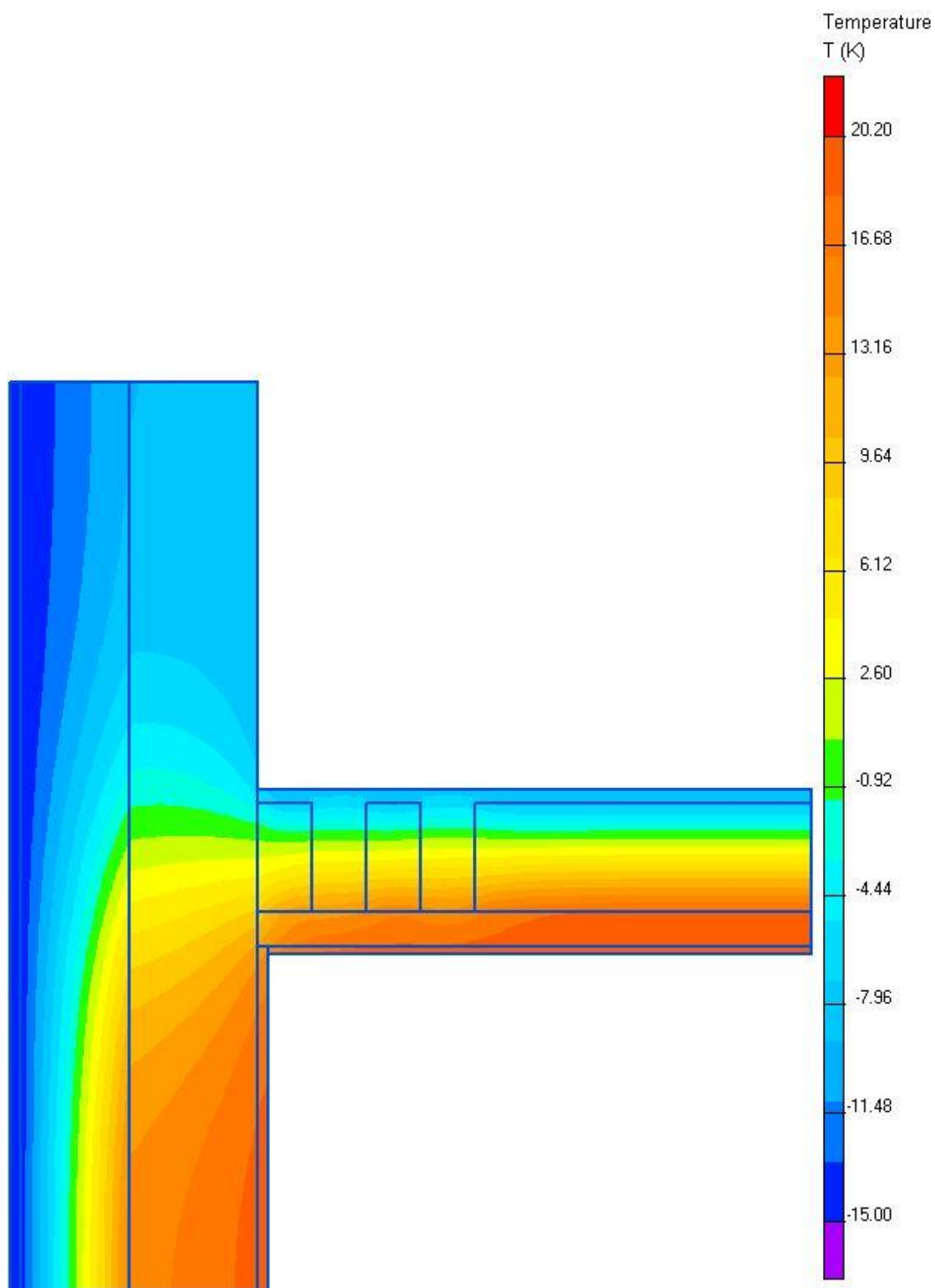


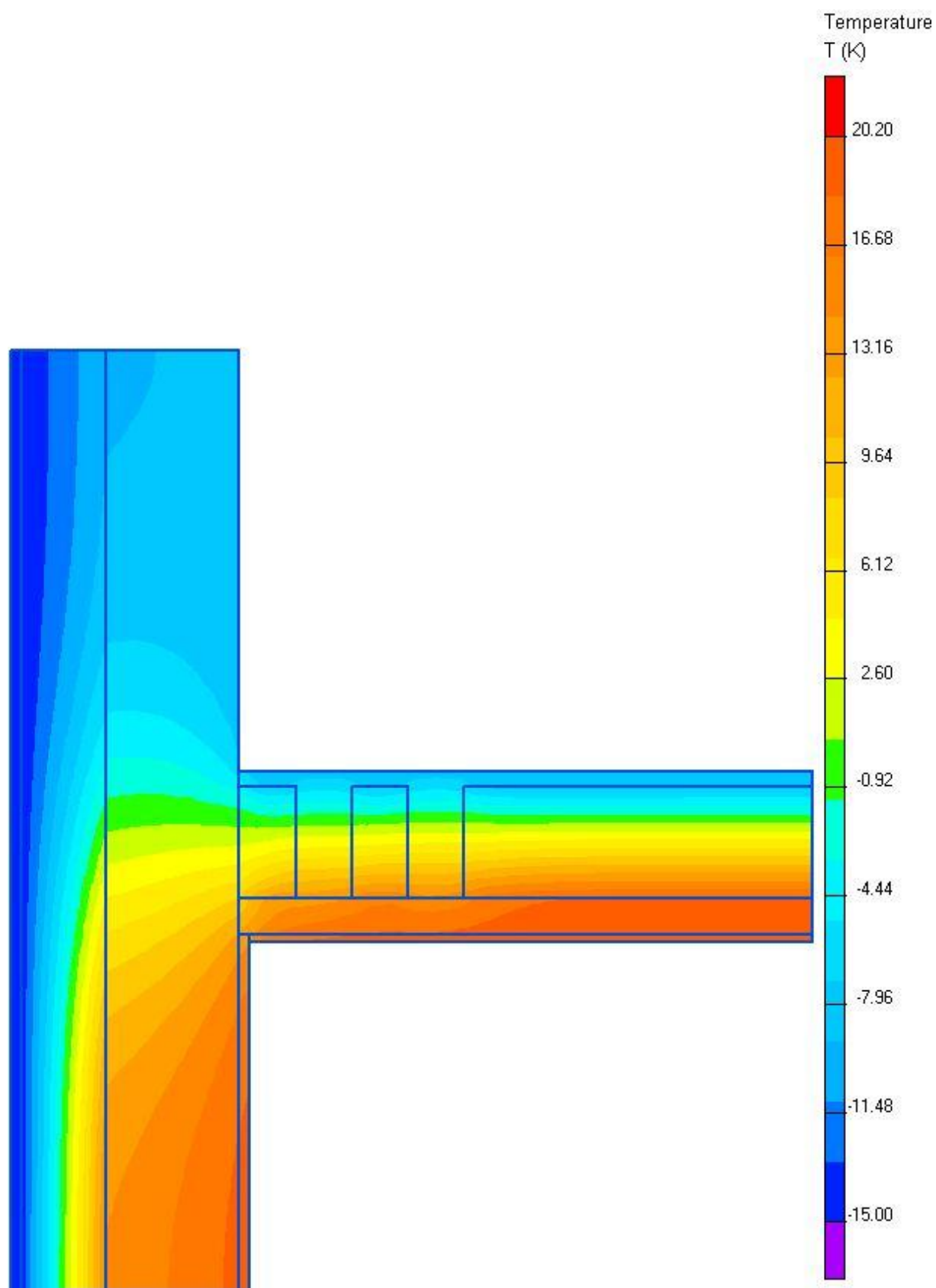


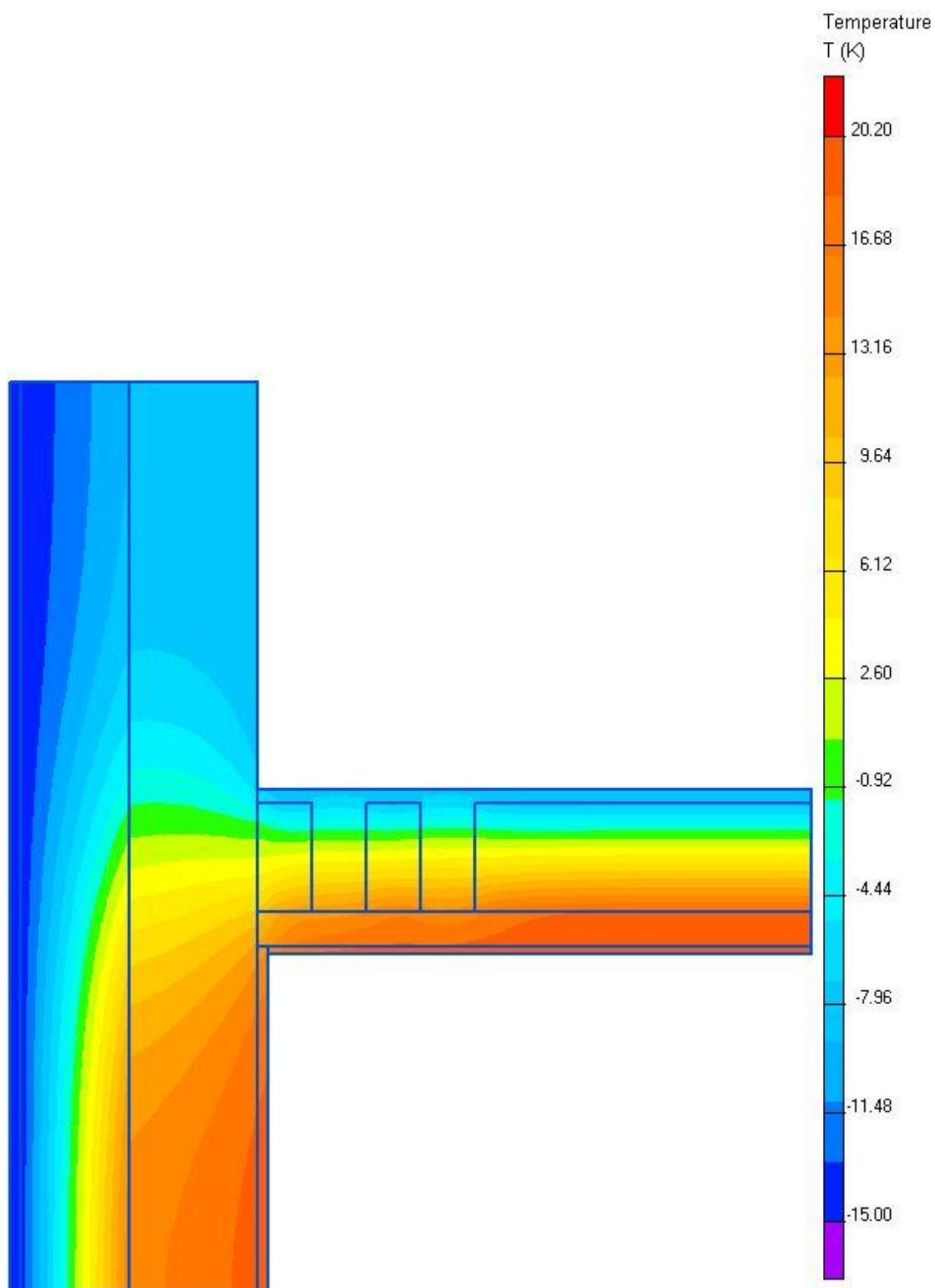


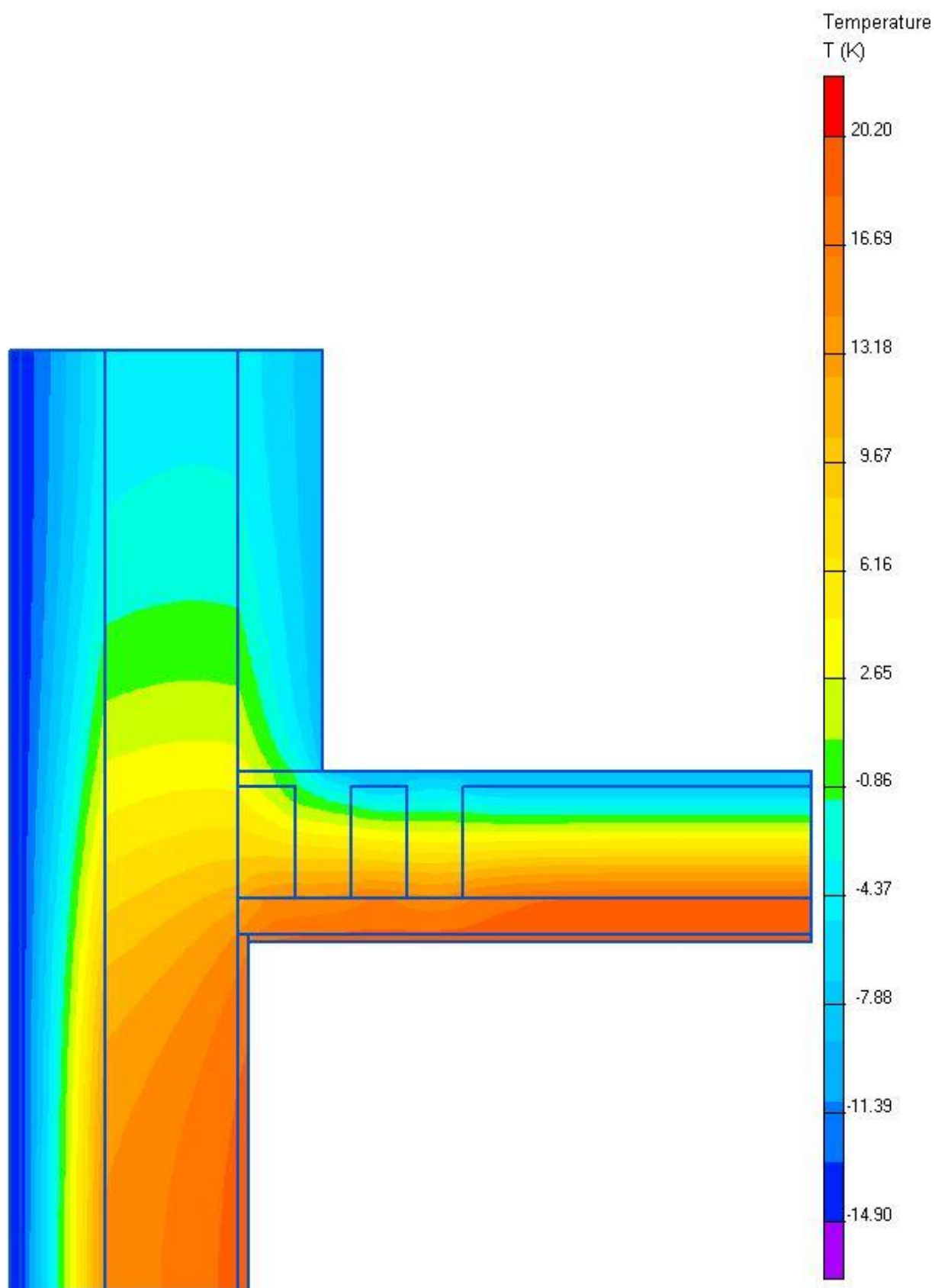


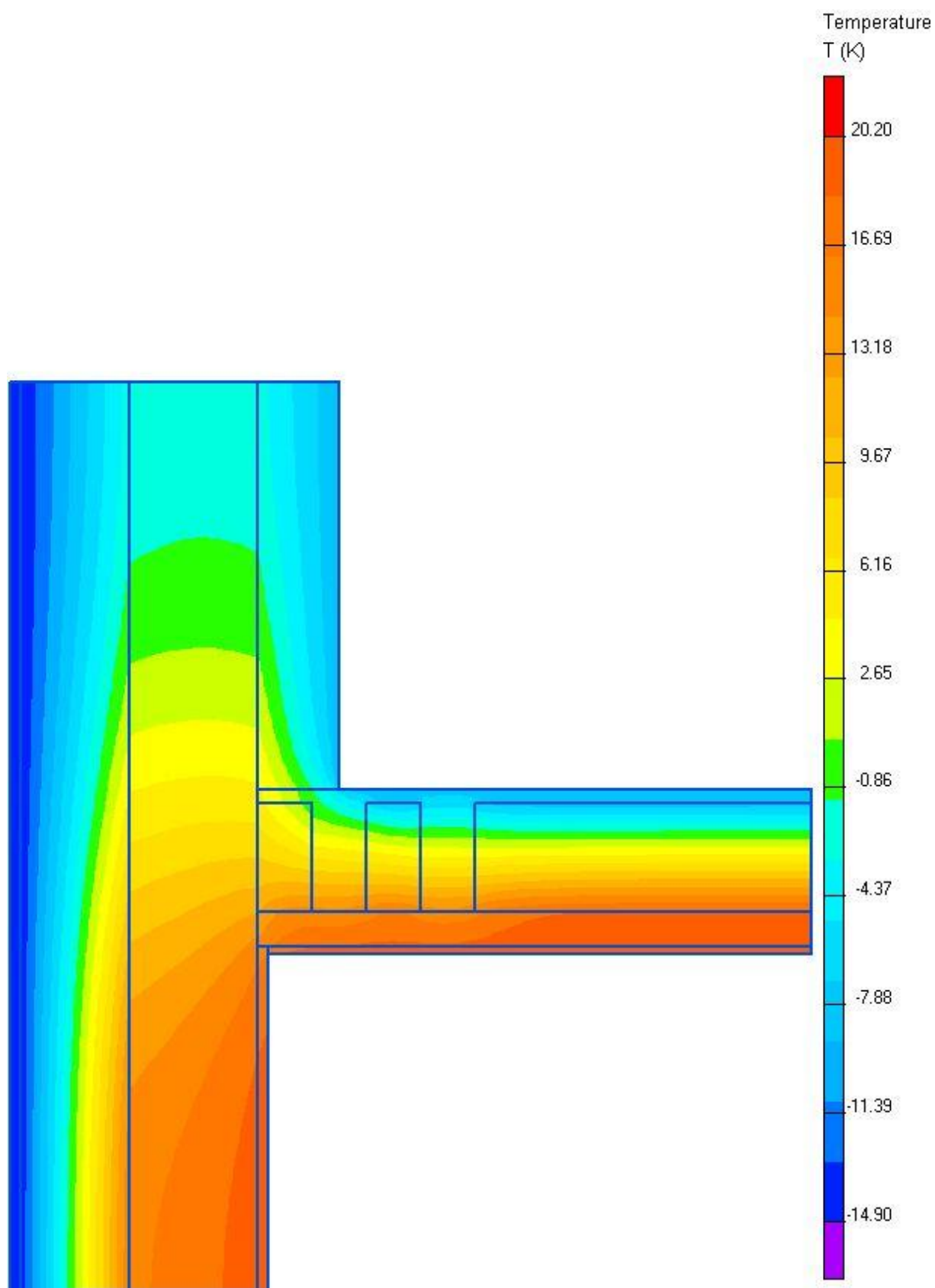


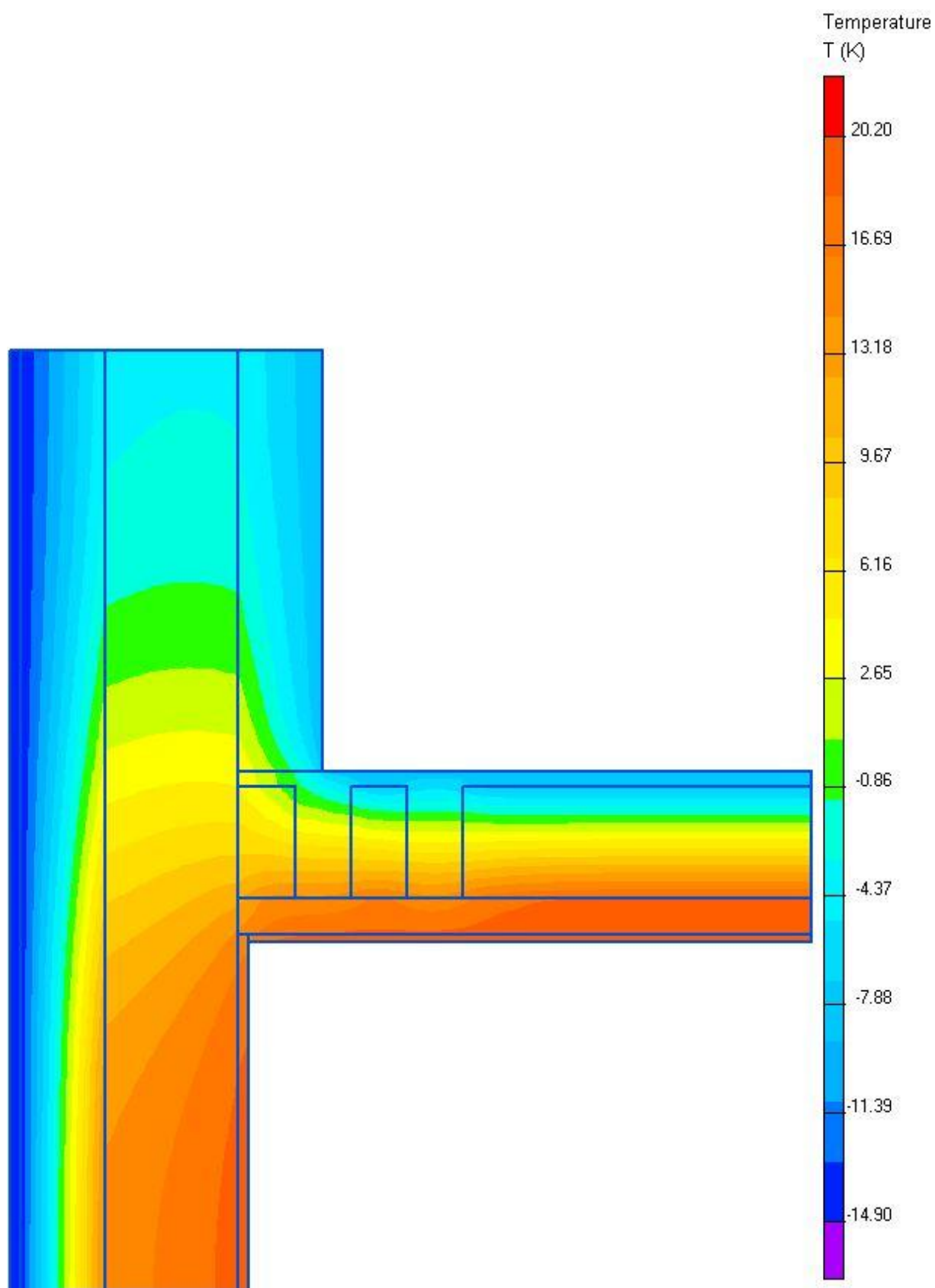


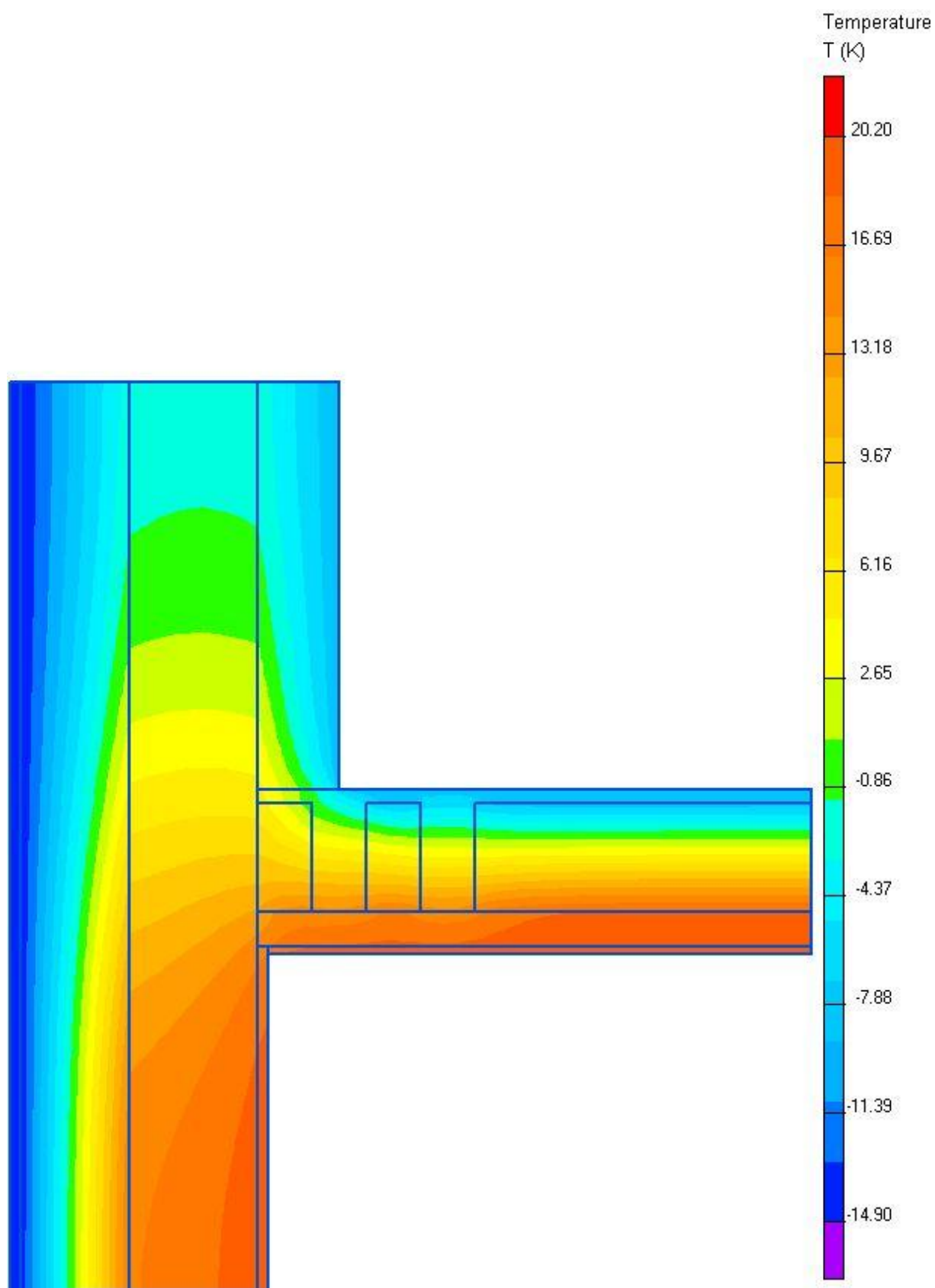


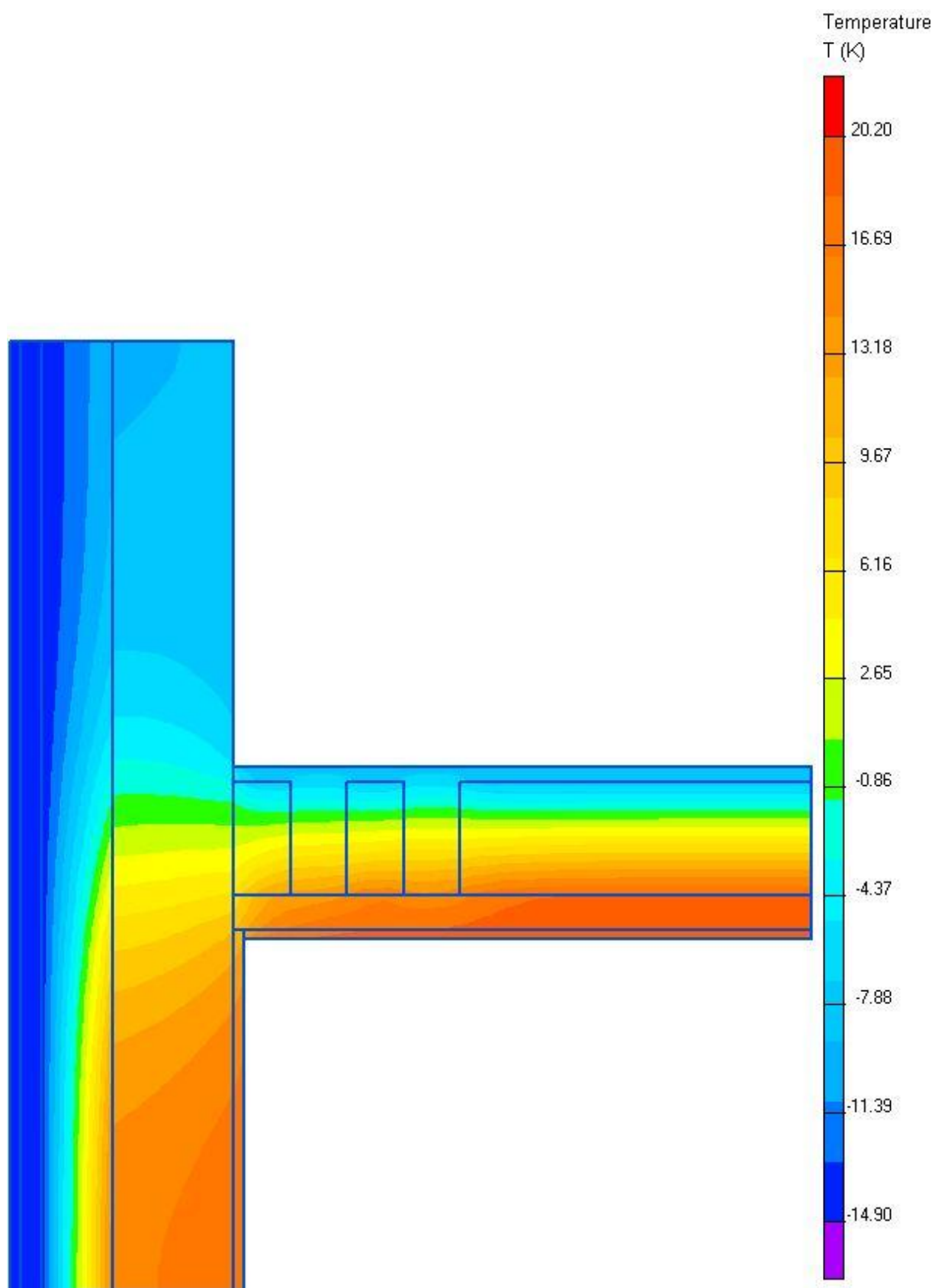


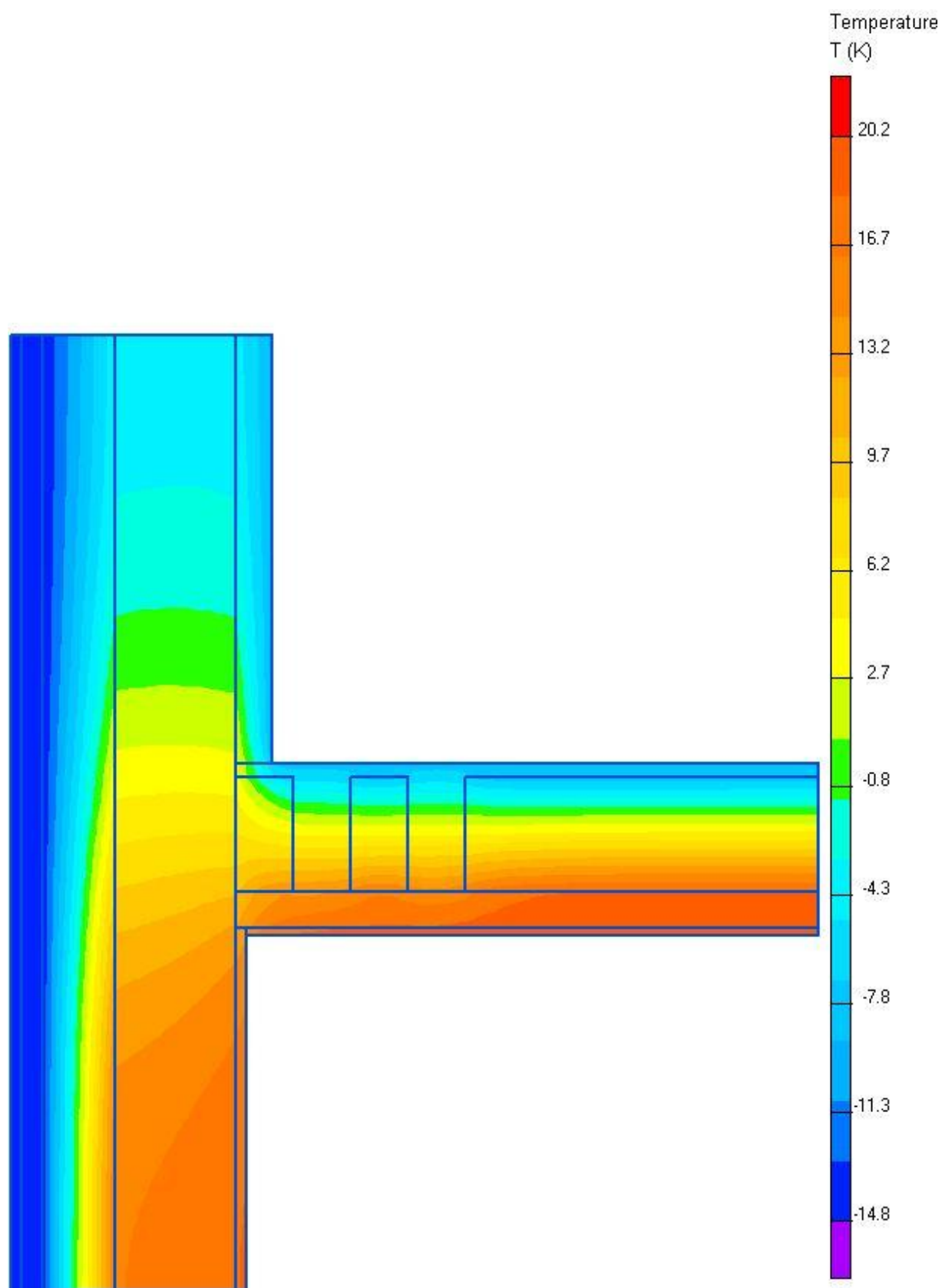


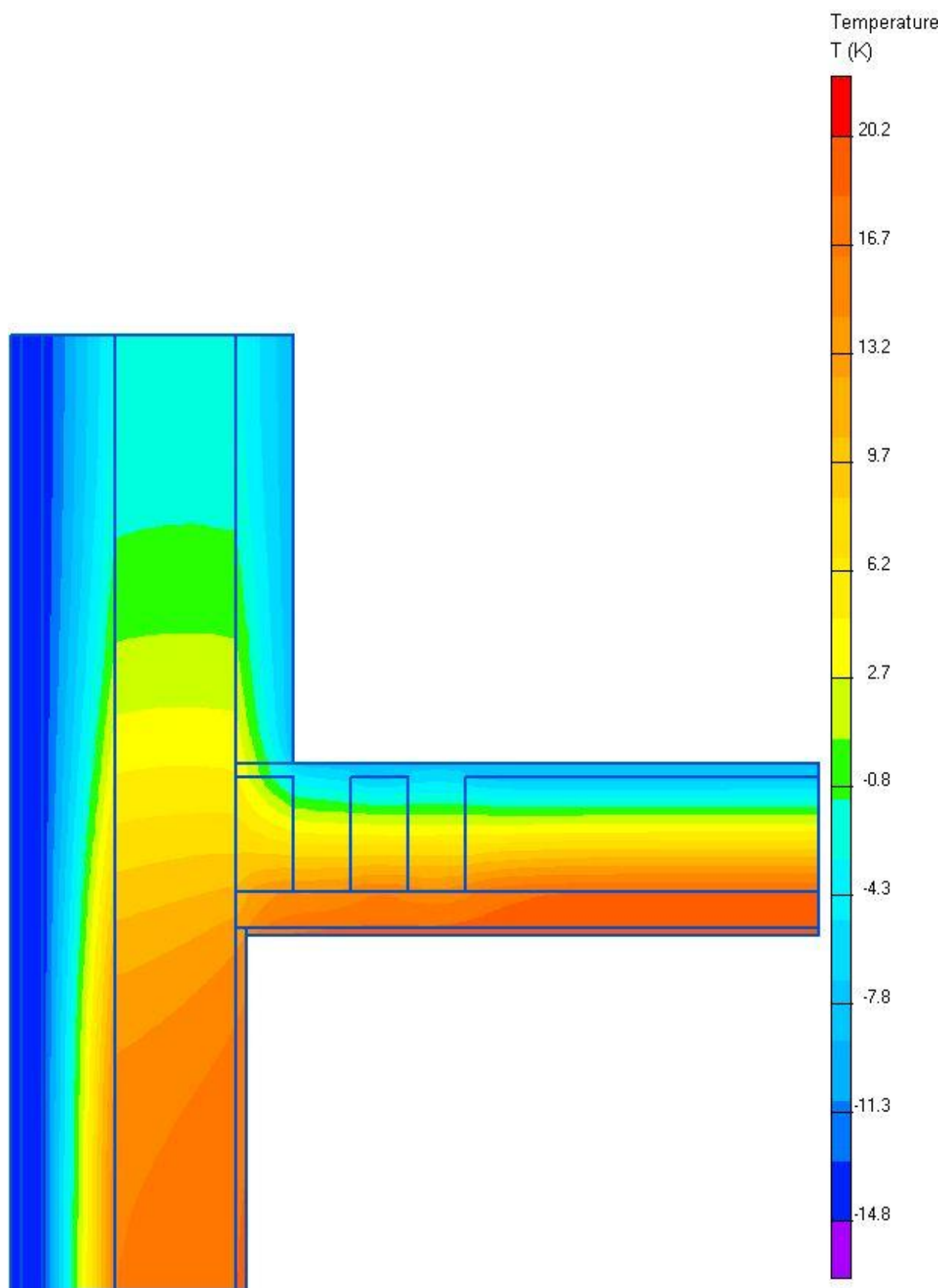


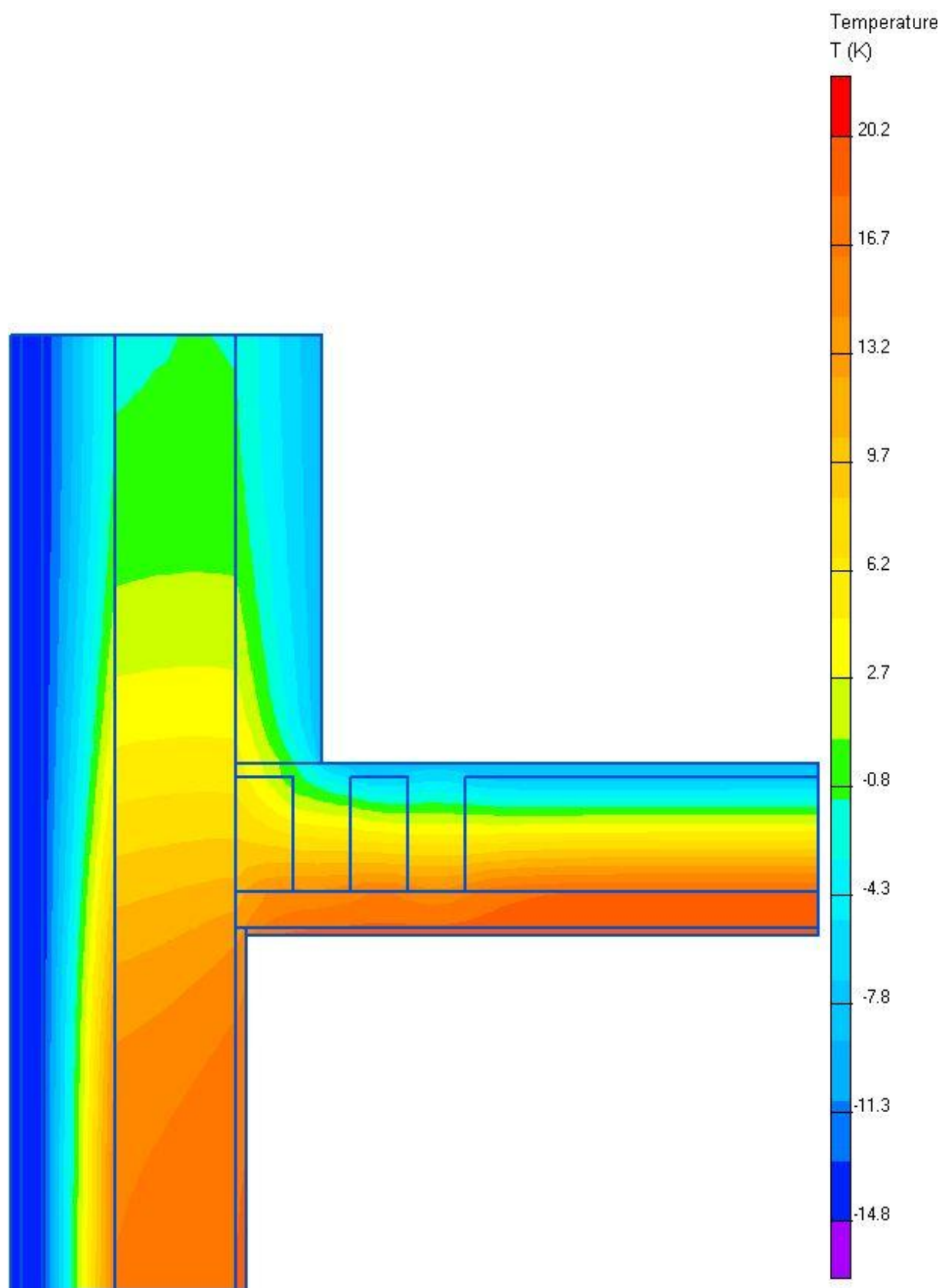


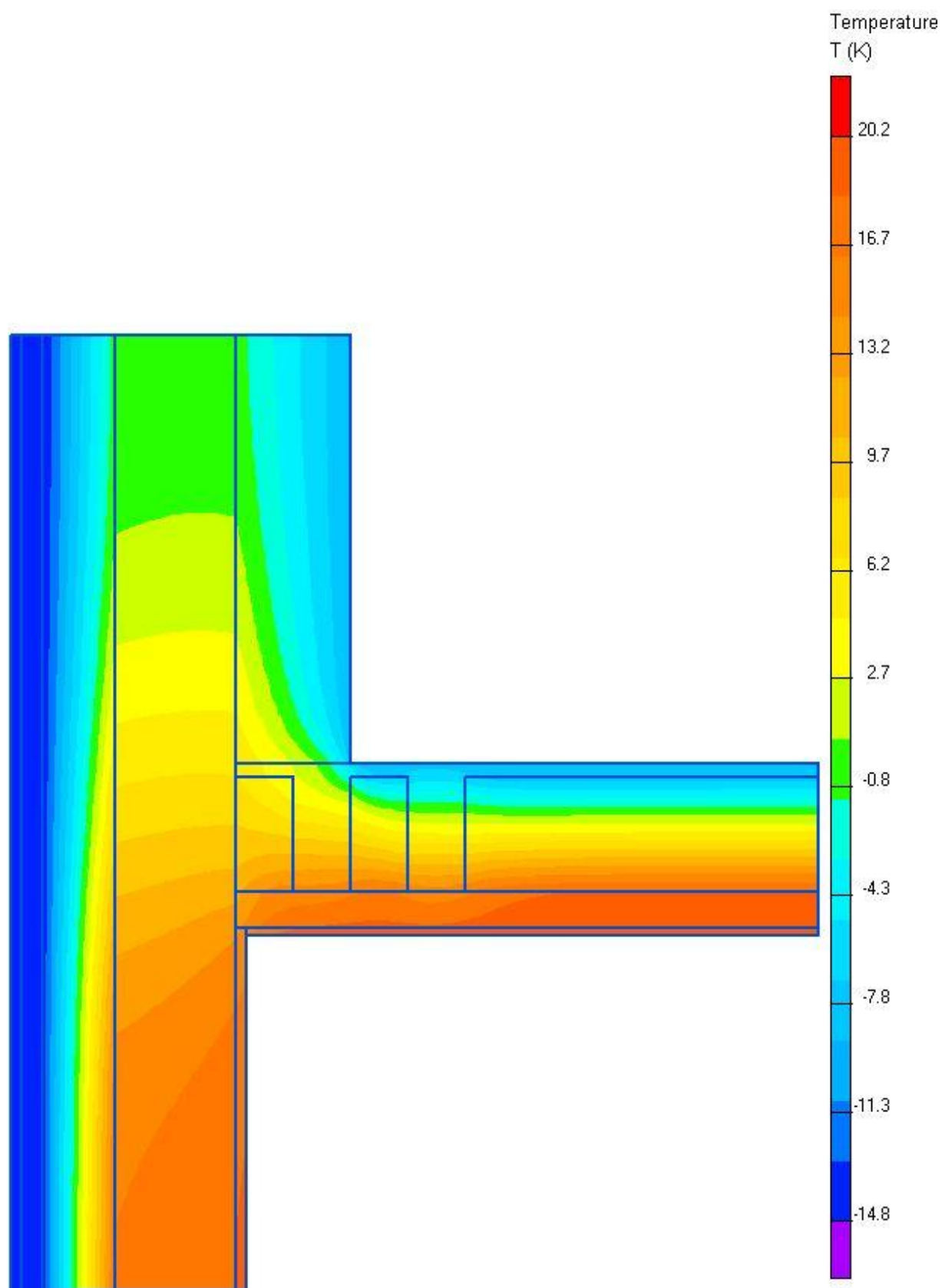












Detail 02

Detail 02 představuje obdobnou konstrukci jako detail 01. Jde tedy o styk vnější obvodové stěny s tepelnou izolací v podkroví. V tomto případě se však nejedná o tepelnou izolaci umístěnou mezi kleštinami, ale o tepelnou izolaci umístěnou mezi krokvy, popřípadě mezi nimi a pod nimi. V tomto případě jsme kombinovali různá zdiva s různou silou tepelné izolace v podhledu a dále různé možnosti tepelné izolace z vnější strany, ať již jako vnější kontaktní zateplovací systém a nebo jako zateplení vrcholu zdi. U cihel jsme uvažovali izotropní materiál i anizotropní materiál.

Detail 02 Varianta 01

Jde o obvyklý případ. Zdivo je cihelné z tvarovek Therm tl. 400 mm, tepelná izolace mezi krokvy je silná 160 mm. Zdivo je počítané jako izotropní.

Detail 02 Varianta 02

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 02 Varianta 03

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 80 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 02 Varianta 04

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 120 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 02 Varianta 05

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 160 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 02 Varianta 06

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na exteriér byla přidána tepelná izolace o síle 50 mm.

Detail 02 Varianta 07

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na exteriér byla přidána tepelná izolace o síle 80 mm.

Detail 02 Varianta 08

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na exteriér byla přidána tepelná izolace o síle 120 mm.

Detail 02 Varianta 09

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na exteriér byla přidána tepelná izolace o síle 160 mm.

Detail 02 Varianta 10

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na korunu zdi bylo dáno 50 mm EPS.

Detail 02 Varianta 11

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na korunu zdi bylo dáno 80 mm EPS.

Detail 02 Varianta 12

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na korunu zdi bylo dáno 120 mm EPS.

Detail 02 Varianta 13

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na korunu zdi bylo dáno 160 mm EPS.

Detail 02 Varianta 14

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na korunu zdi bylo dáno 120 mm EPS, z vnější strany bylo zdivo zatepleno 160 mm EPS a dále bylo přidáno 160 mm Rockwool mezi sádkokarton a krokve.

Detail 02 Varianta 15

Jde o stejný případ jako je varianta 1, ve výpočtu bylo uvažováno se zdivem Supe@therm STI 44, uvažovány byly anizotropní vlastnosti zdiva.

Detail 02 Varianta 16

Jde o stejný případ jako je varianta 1, ve výpočtu bylo uvažováno se zdivem Supe@therm 44 P+D, uvažovány byly anizotropní vlastnosti zdiva.

Detail 02 Varianta 17

Jde o stejný případ jako je varianta 1, zdivo je plynosilikátové tloušťky 300 mm.

Detail 02 Varianta 18

Jde o stejný případ jako je varianta 1, zdivo je plynosilikátové tloušťky 375 mm.

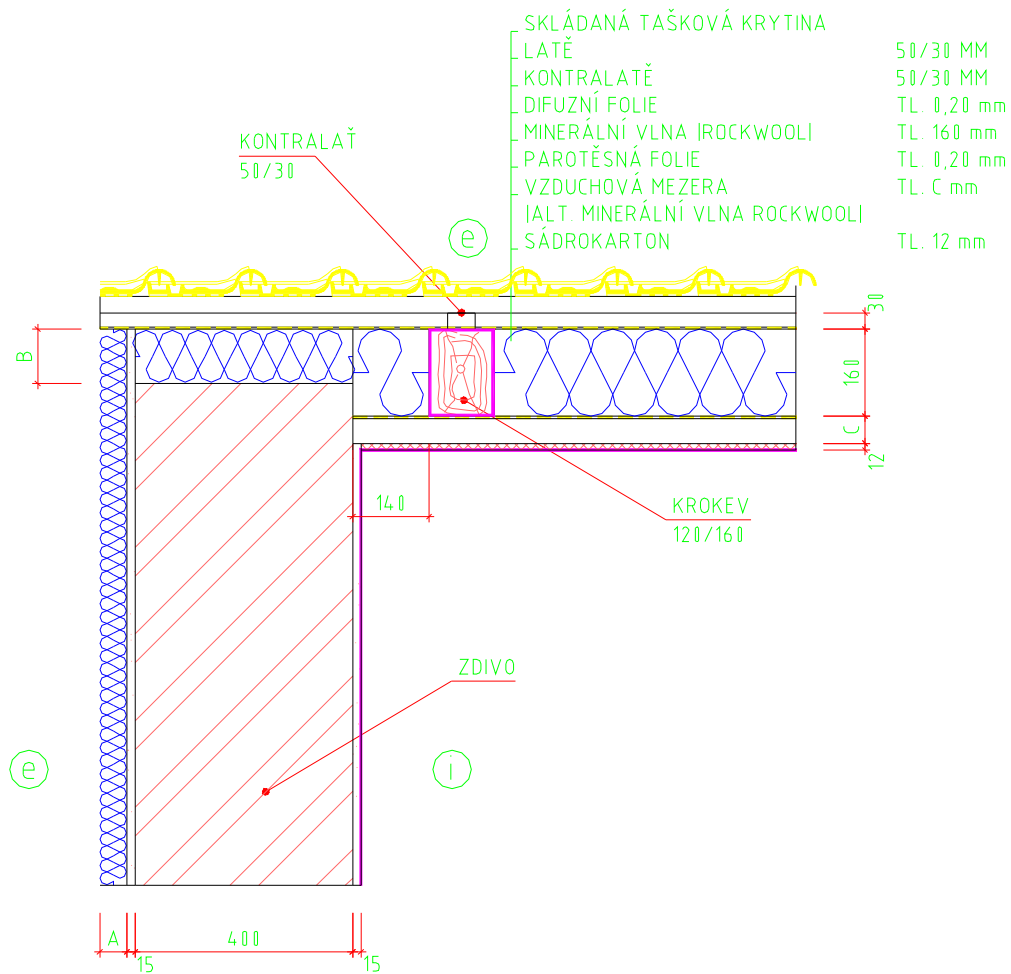
Detail 02 Varianta 19

Jde o stejný případ jako je varianta 1, zdivo je sendvičové ze zdiva Therm tloušťky 190 mm a tepelné izolace tloušťky 120 mm EPS, uvažovány byly anizotropní vlastnosti zdiva.

Detail 02 Varianta 20

Jde o stejný případ jako je varianta 1, zdivo je sendvičové ze zdiva Therm tloušťky 190 mm a tepelné izolace tloušťky 160 mm EPS, uvažovány byly anizotropní vlastnosti zdiva.

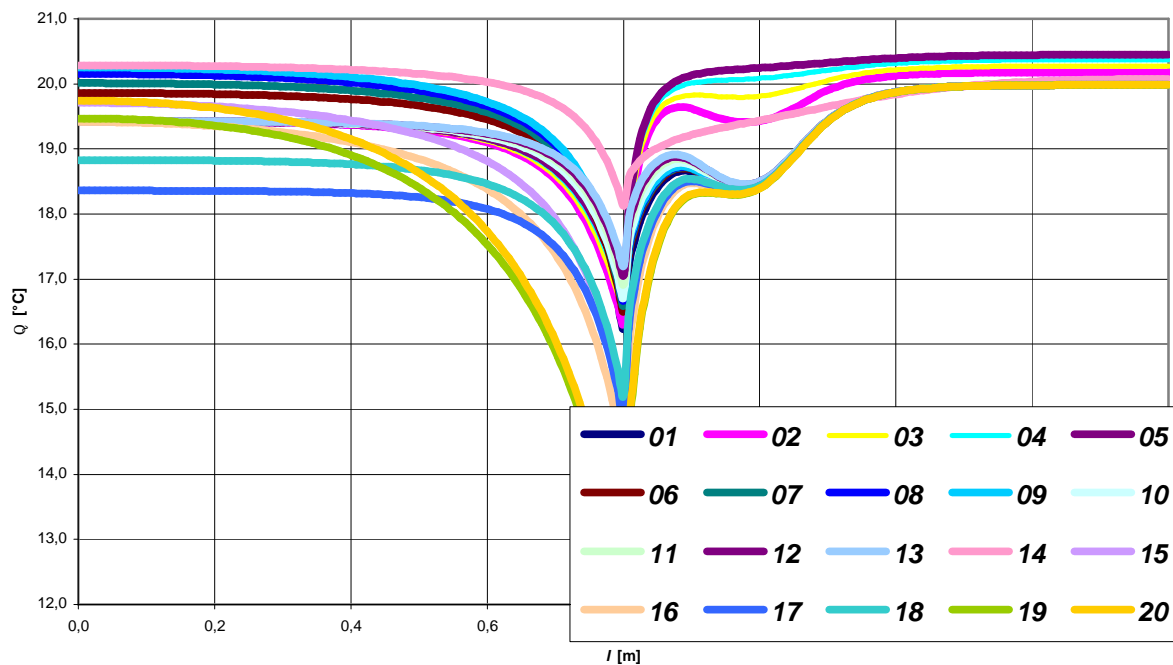
Schématický obrázek detailu 02



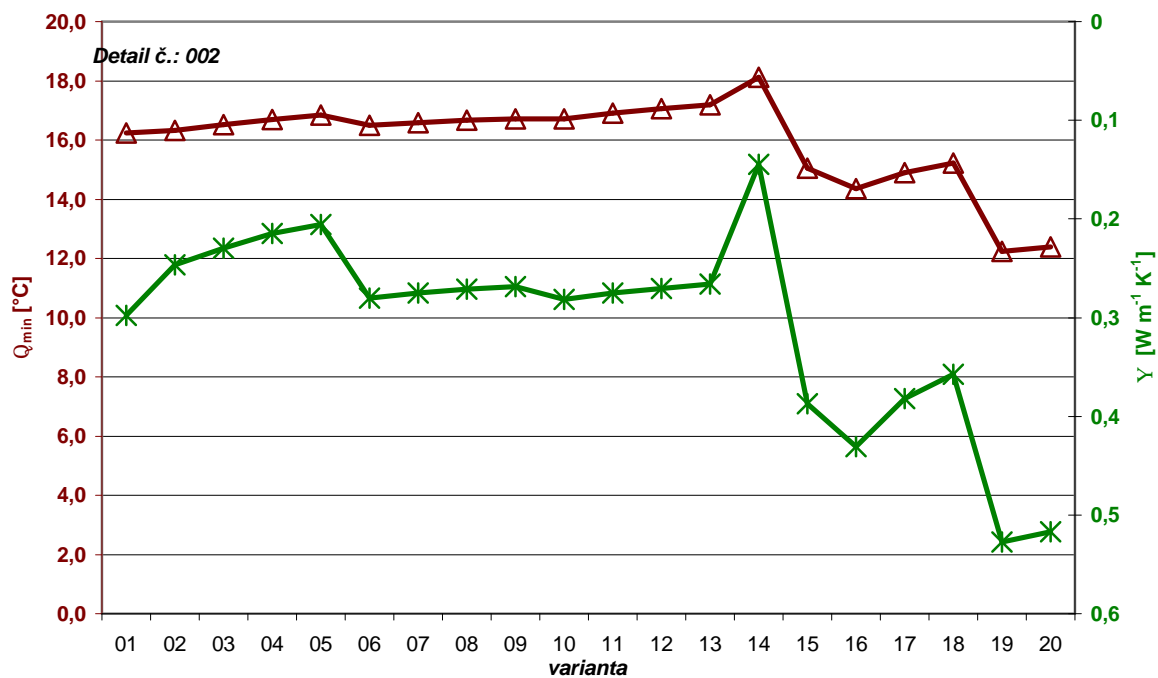
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

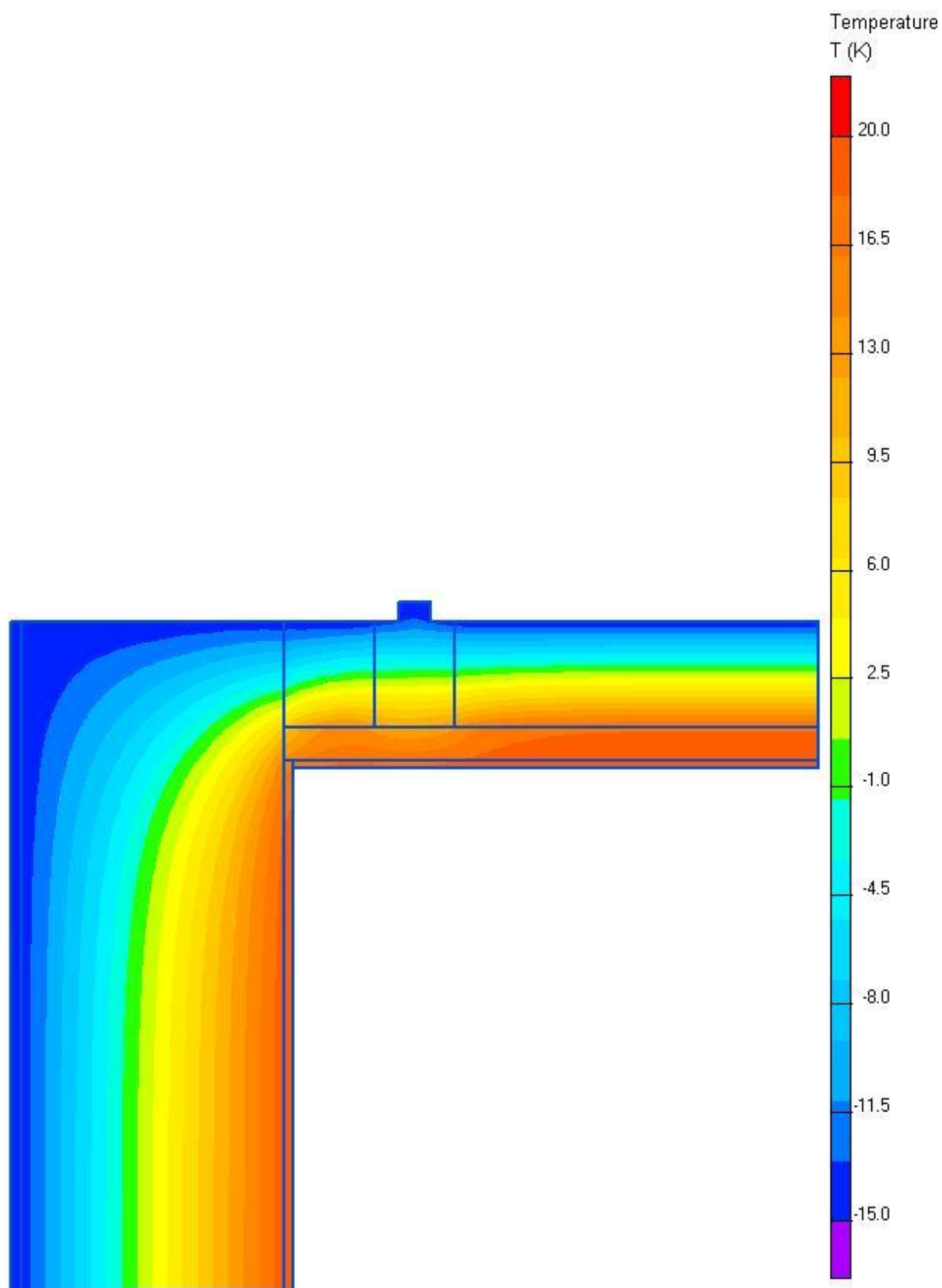
002 Styk štítového zdiva v podkroví s tepelnou izolací v úrovni krokví						
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)				Y	Q_{si,min}
	zdivo	A	B	C	W m⁻¹ K⁻¹	°C
01	Therm tl. 400 mm	0	0	0	0,30	16,25
02	Therm tl. 400 mm	0	0	50	0,25	16,33
03	Therm tl. 400 mm	0	0	80	0,23	16,51
04	Therm tl. 400 mm	0	0	120	0,21	16,69
05	Therm tl. 400 mm	0	0	160	0,21	16,84
06	Therm tl. 400 mm	50	0	0	0,28	16,51
07	Therm tl. 400 mm	80	0	0	0,27	16,59
08	Therm tl. 400 mm	120	0	0	0,27	16,67
09	Therm tl. 400 mm	160	0	0	0,27	16,72
10	Therm tl. 400 mm	0	50	0	0,28	16,71
11	Therm tl. 400 mm	0	80	0	0,27	16,91
12	Therm tl. 400 mm	0	100	0	0,27	17,05
13	Therm tl. 400 mm	0	120	0	0,27	17,20
14	Therm tl. 400 mm	160	120	120	0,14	18,13
15	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	0	0	0	0,39	15,05
16	Supertherm 44 P+D ANIZOTROPNÍ	0	0	0	0,43	14,35
17	Plynosilikát tl. 300 mm	0	0	0	0,38	14,90
18	Plynosilikát tl. 375 mm	0	0	0	0,36	15,22
19	Therm tl. 190 mm ANIZOTROPNÍ	120	0	0	0,53	12,23
20	Therm tl. 190 mm ANIZOTROPNÍ	160	0	0	0,52	12,38

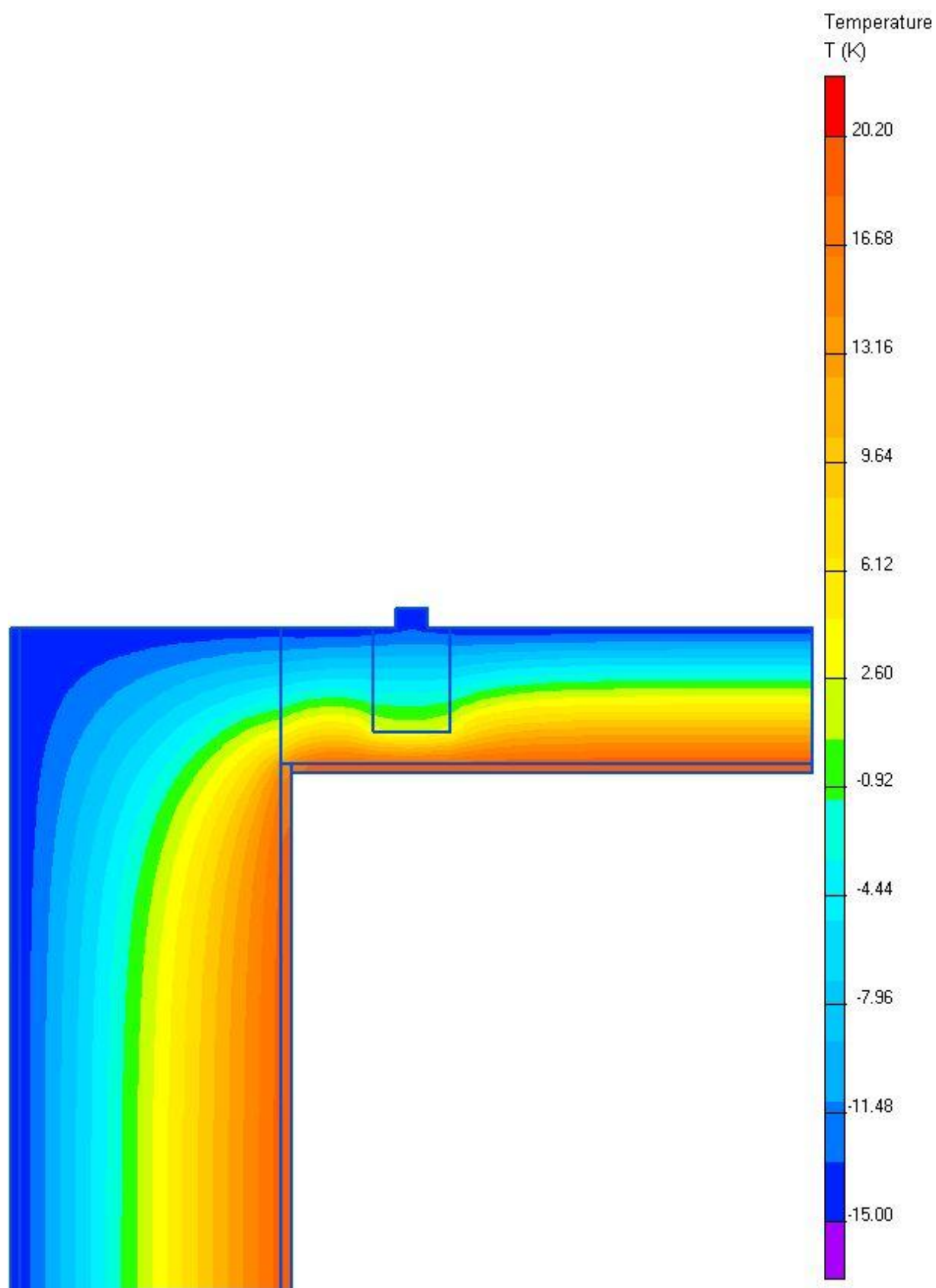
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

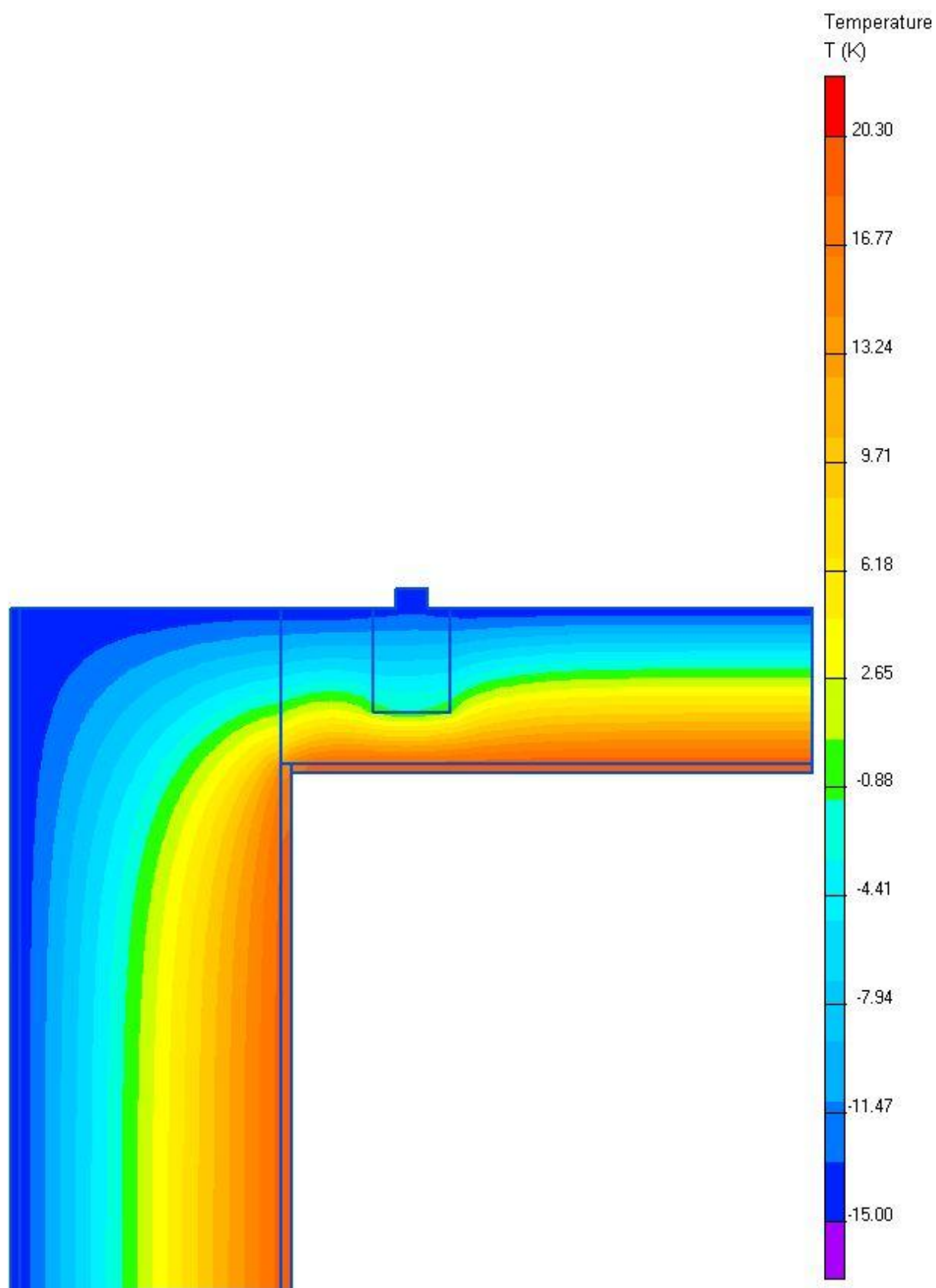


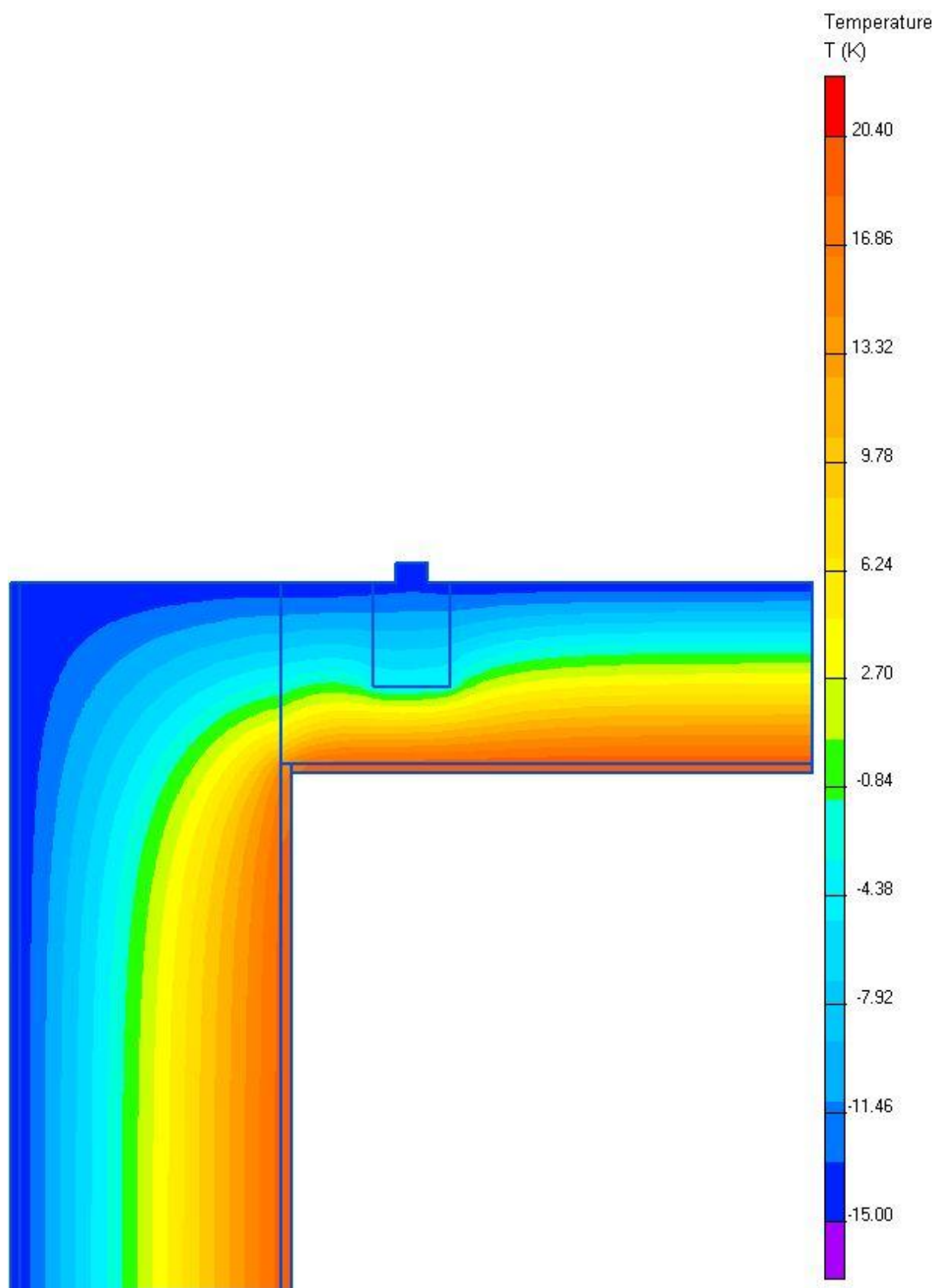
Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů tepelné vodivosti

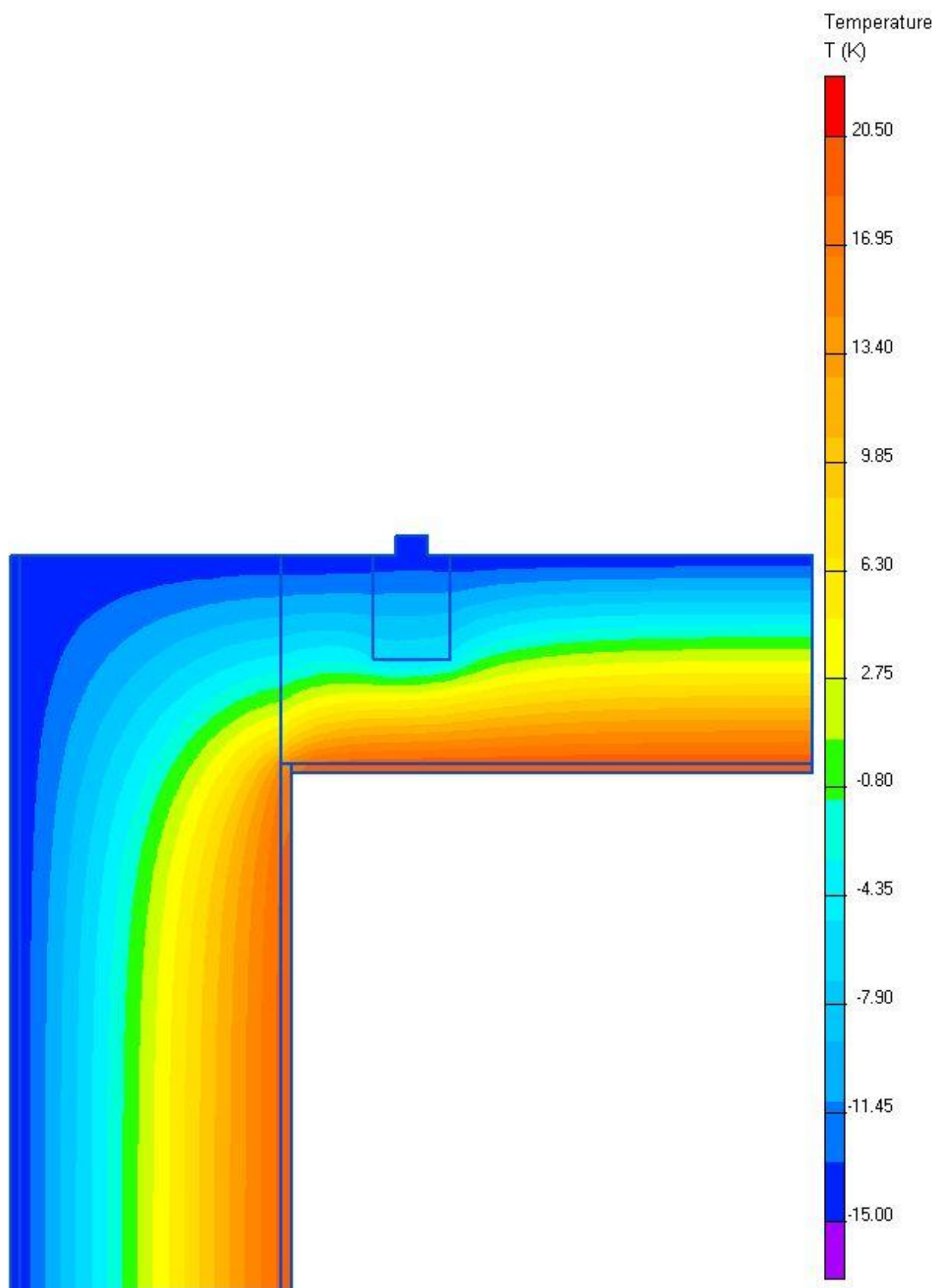


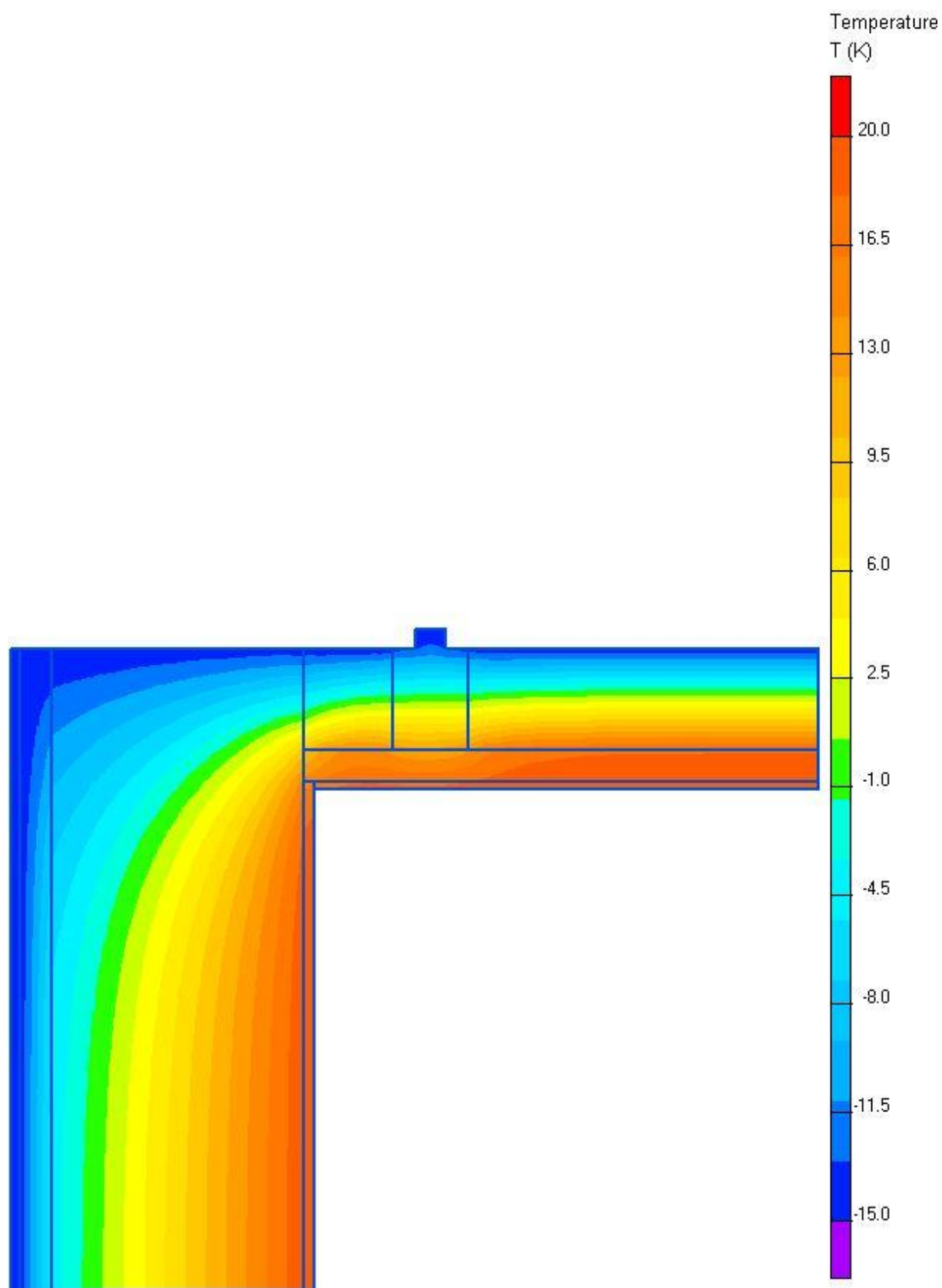


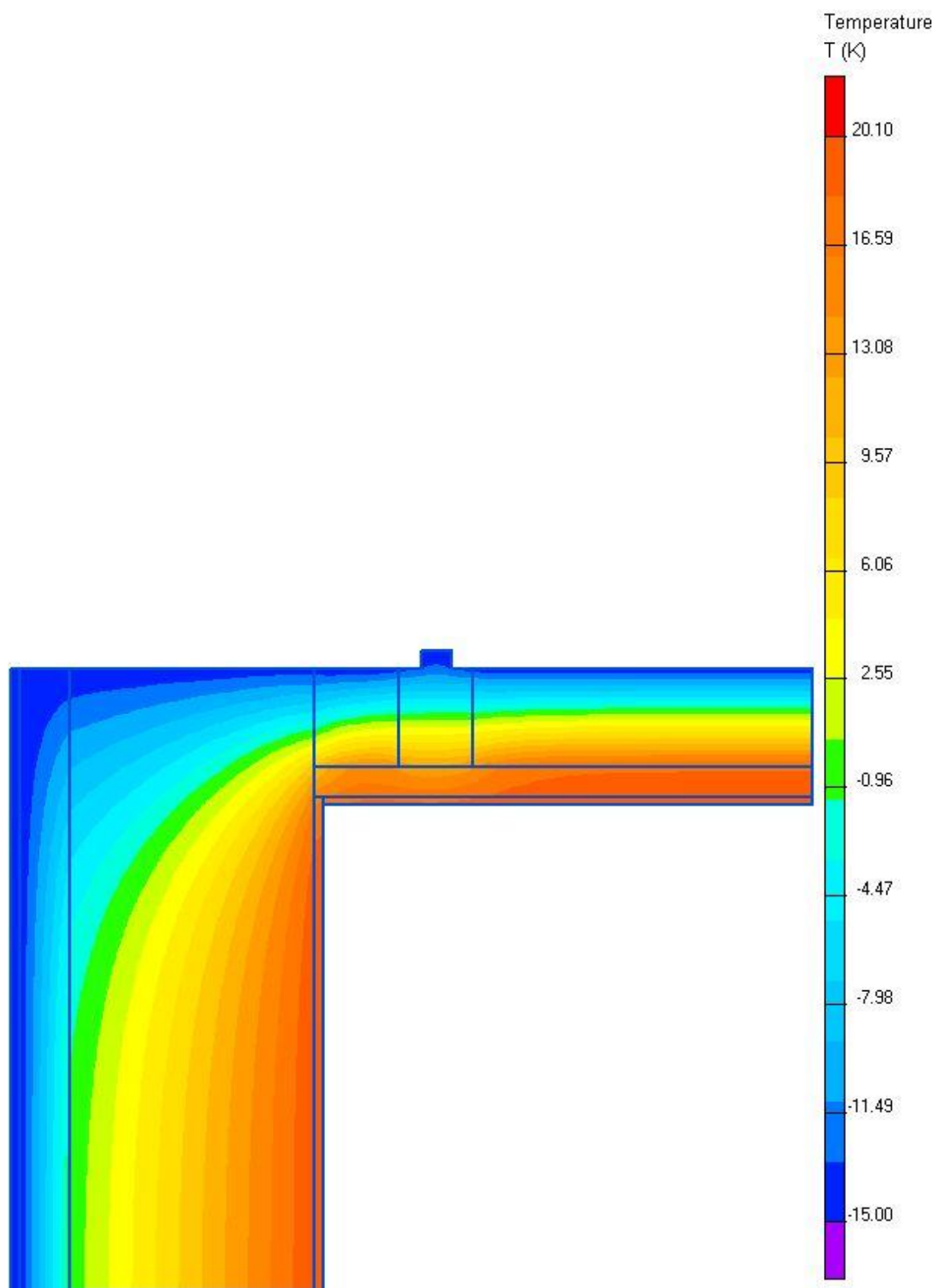


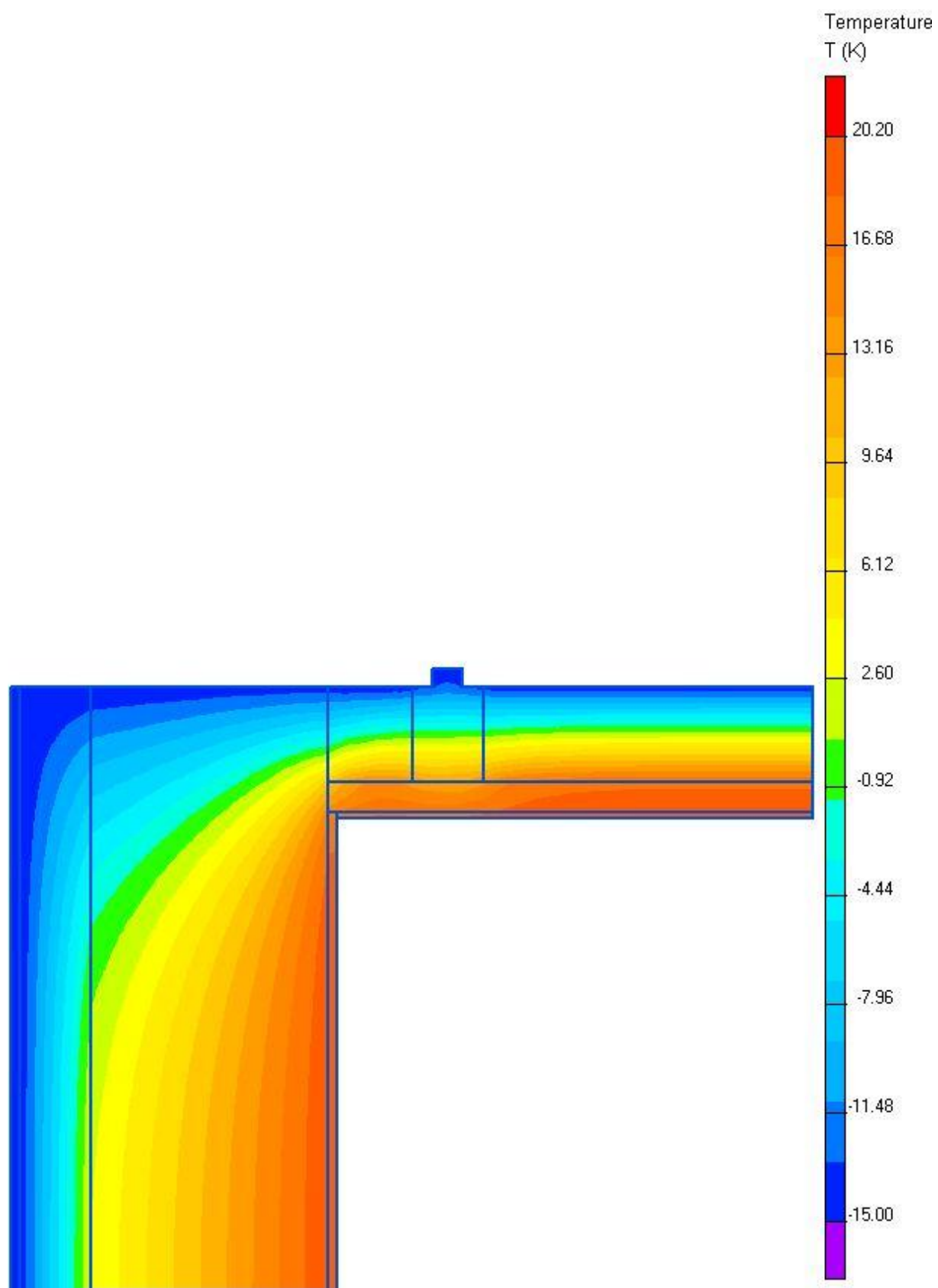


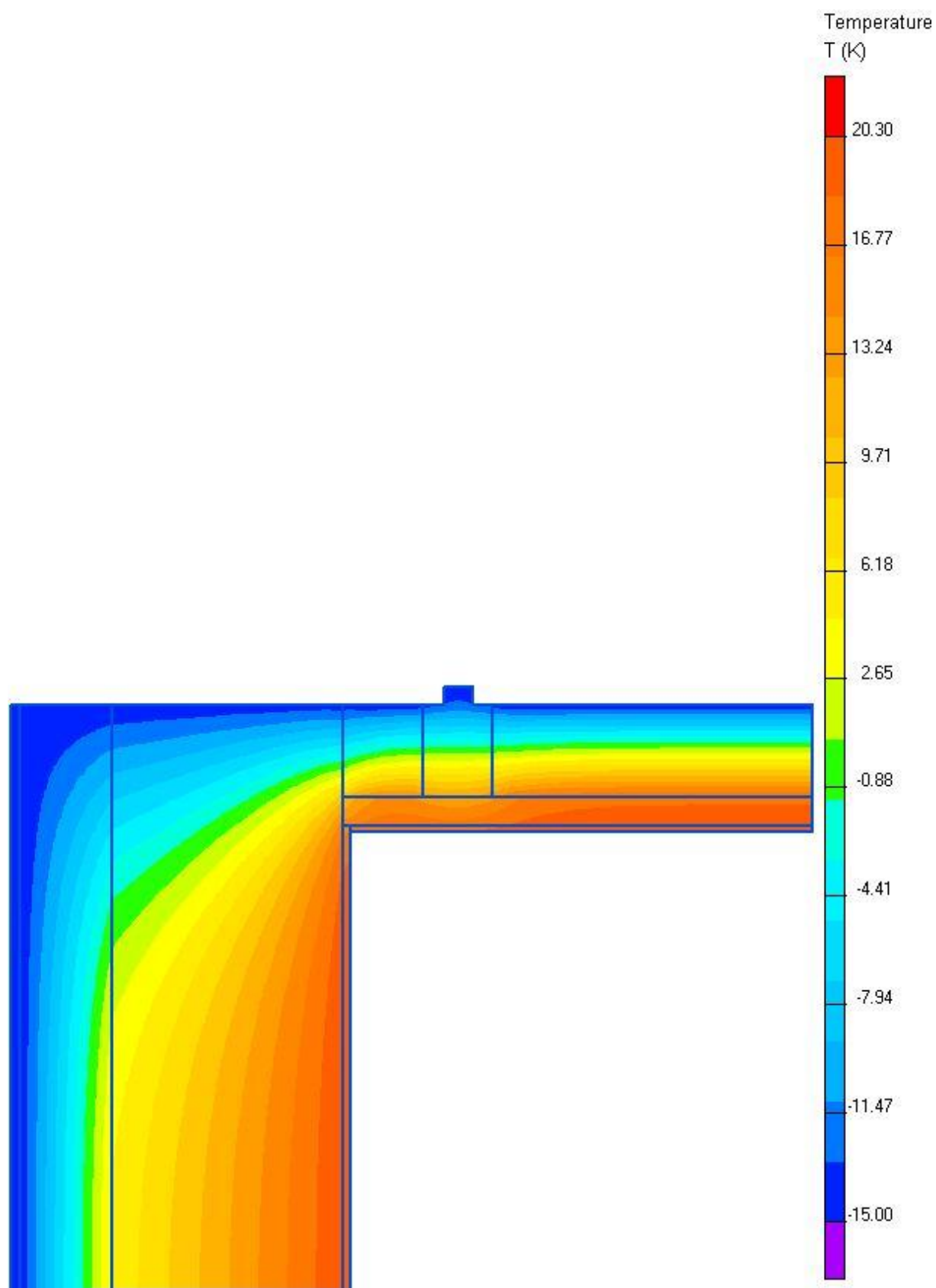


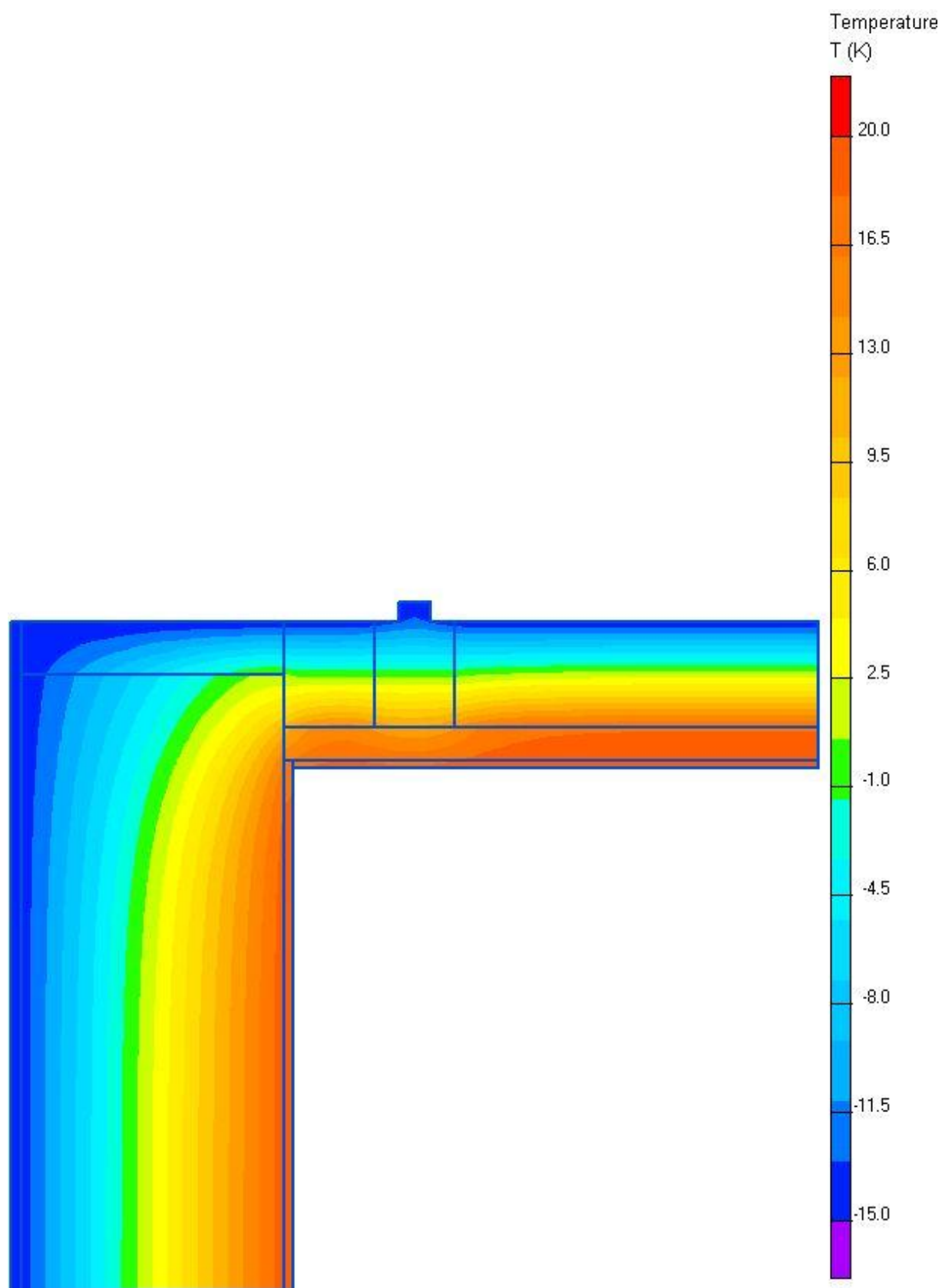


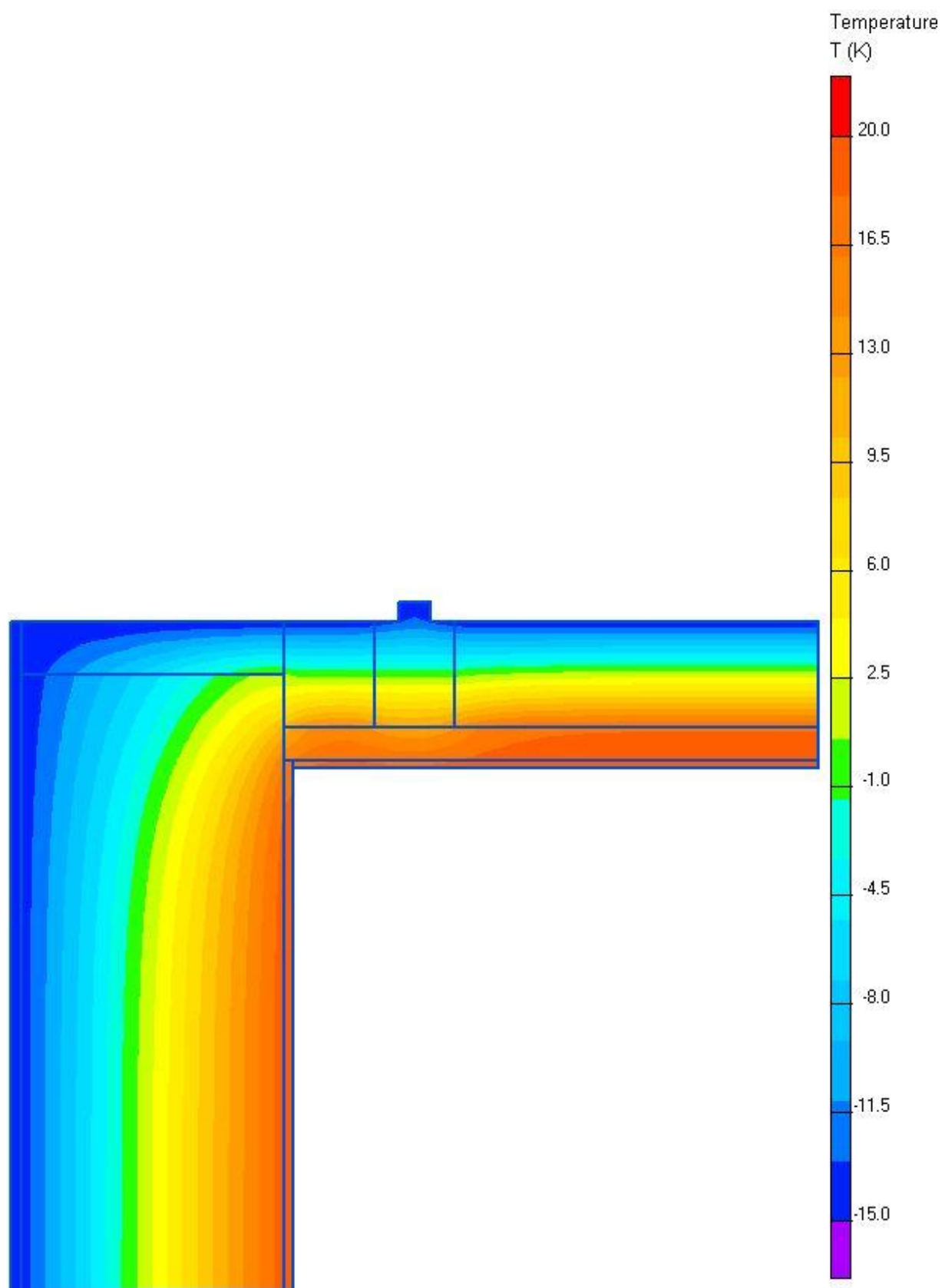


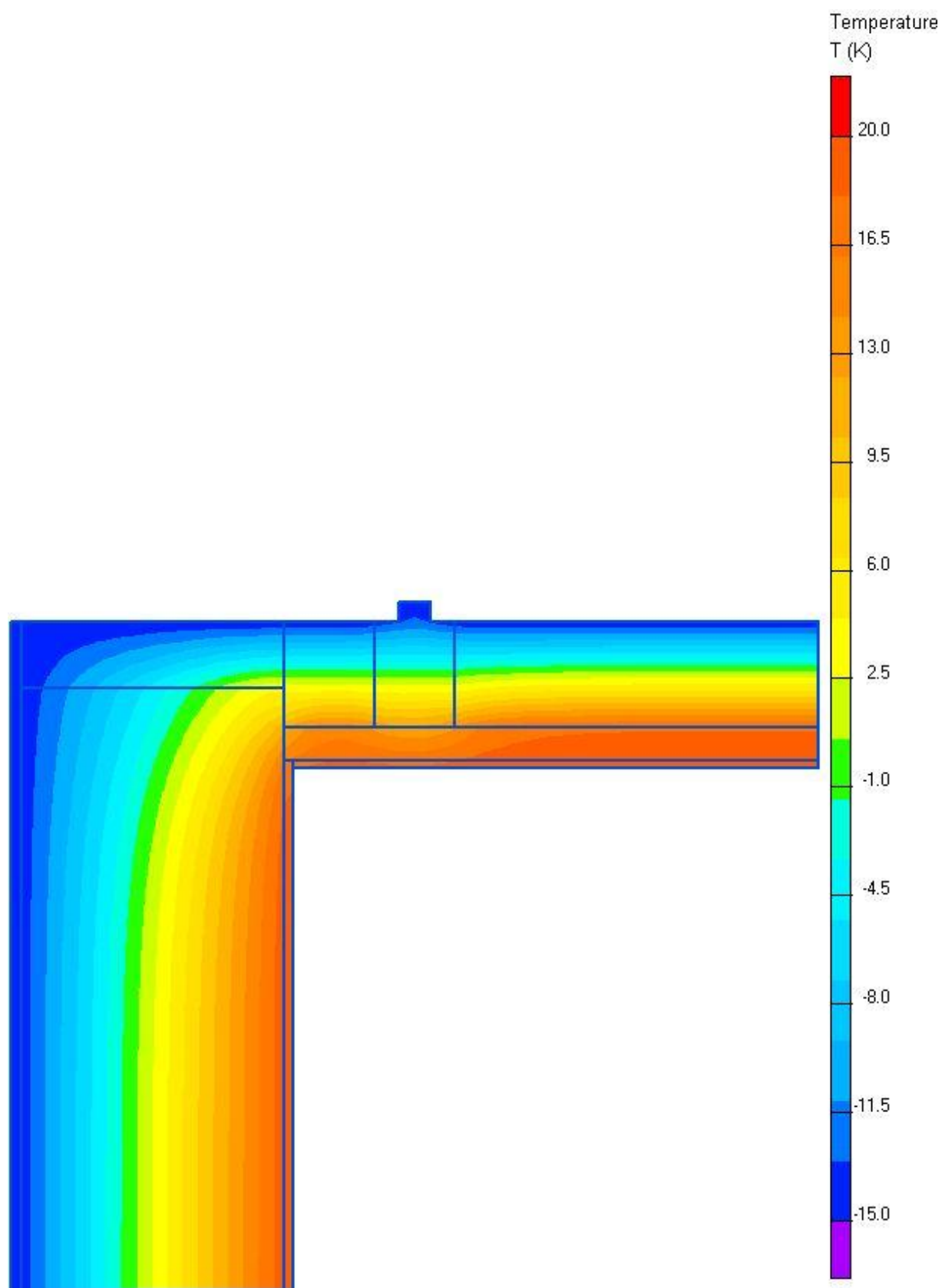


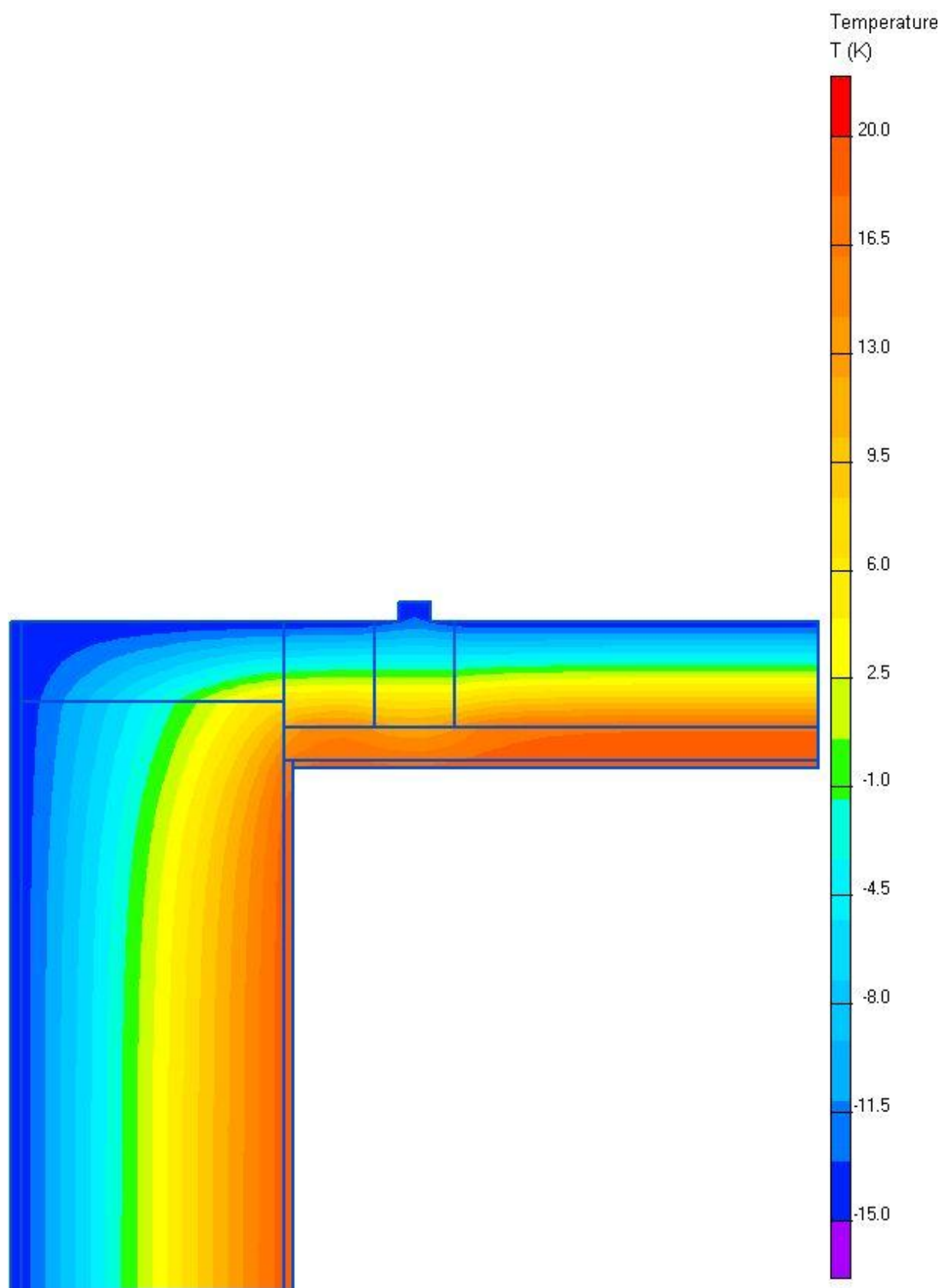


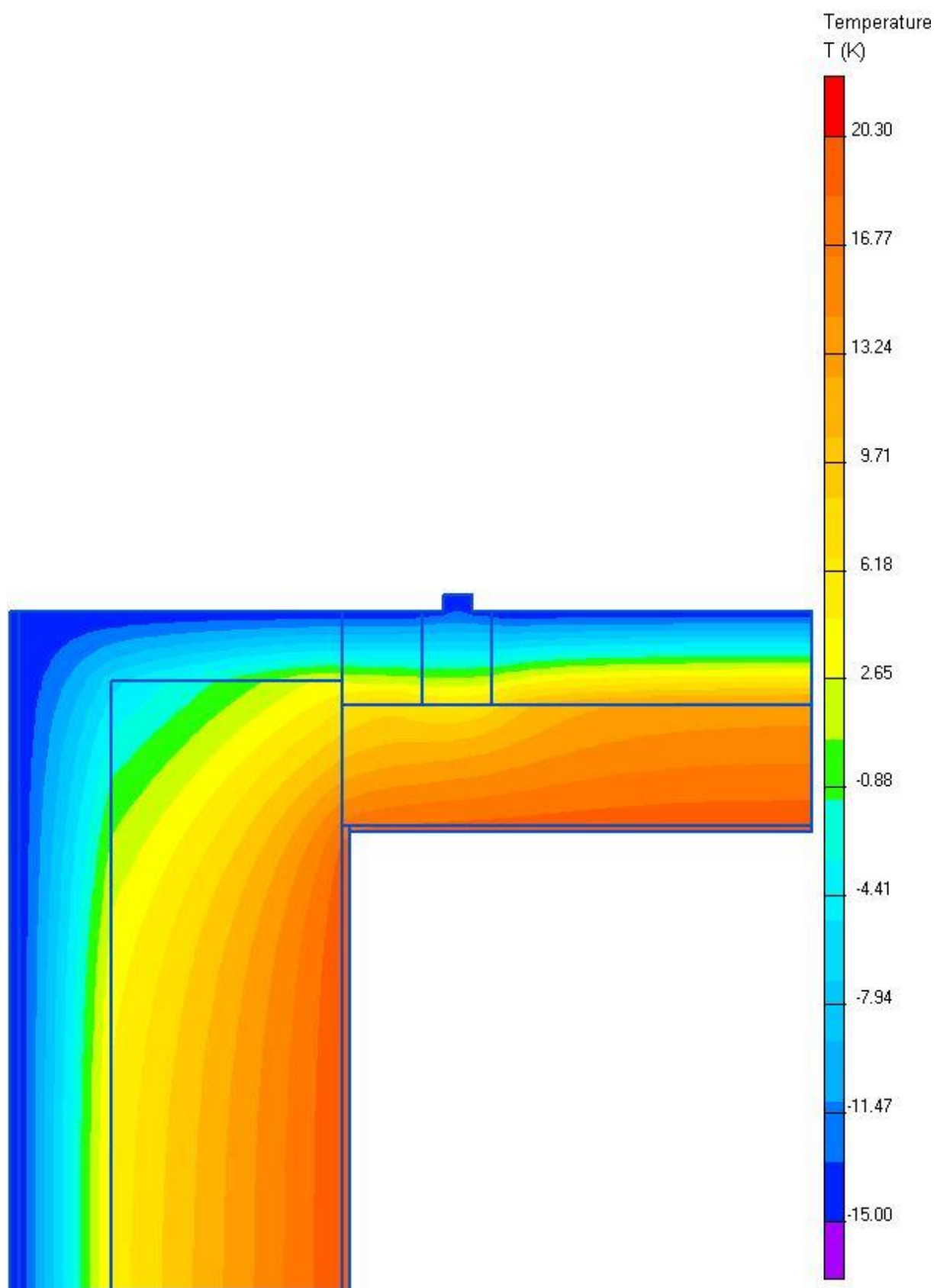


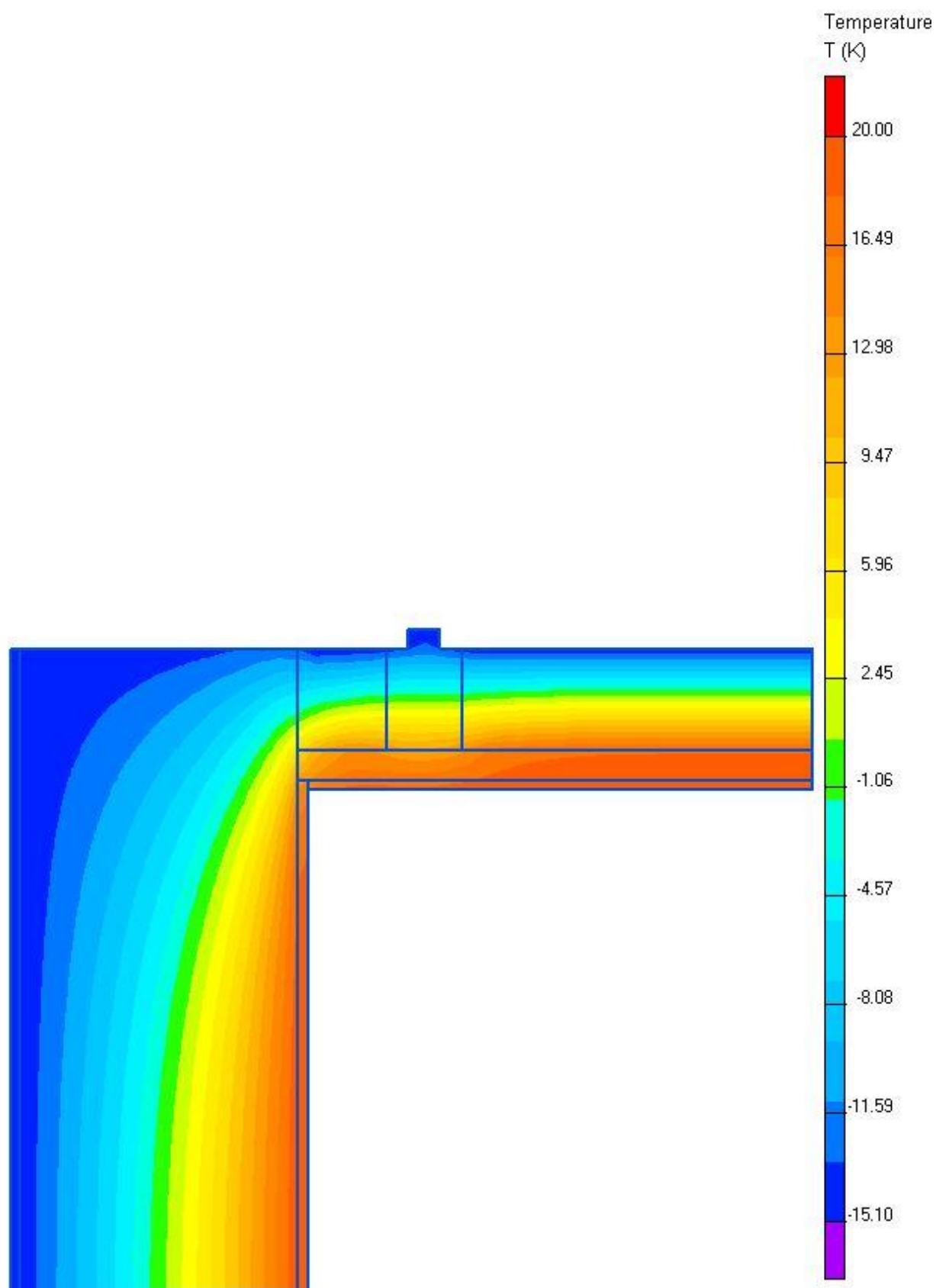


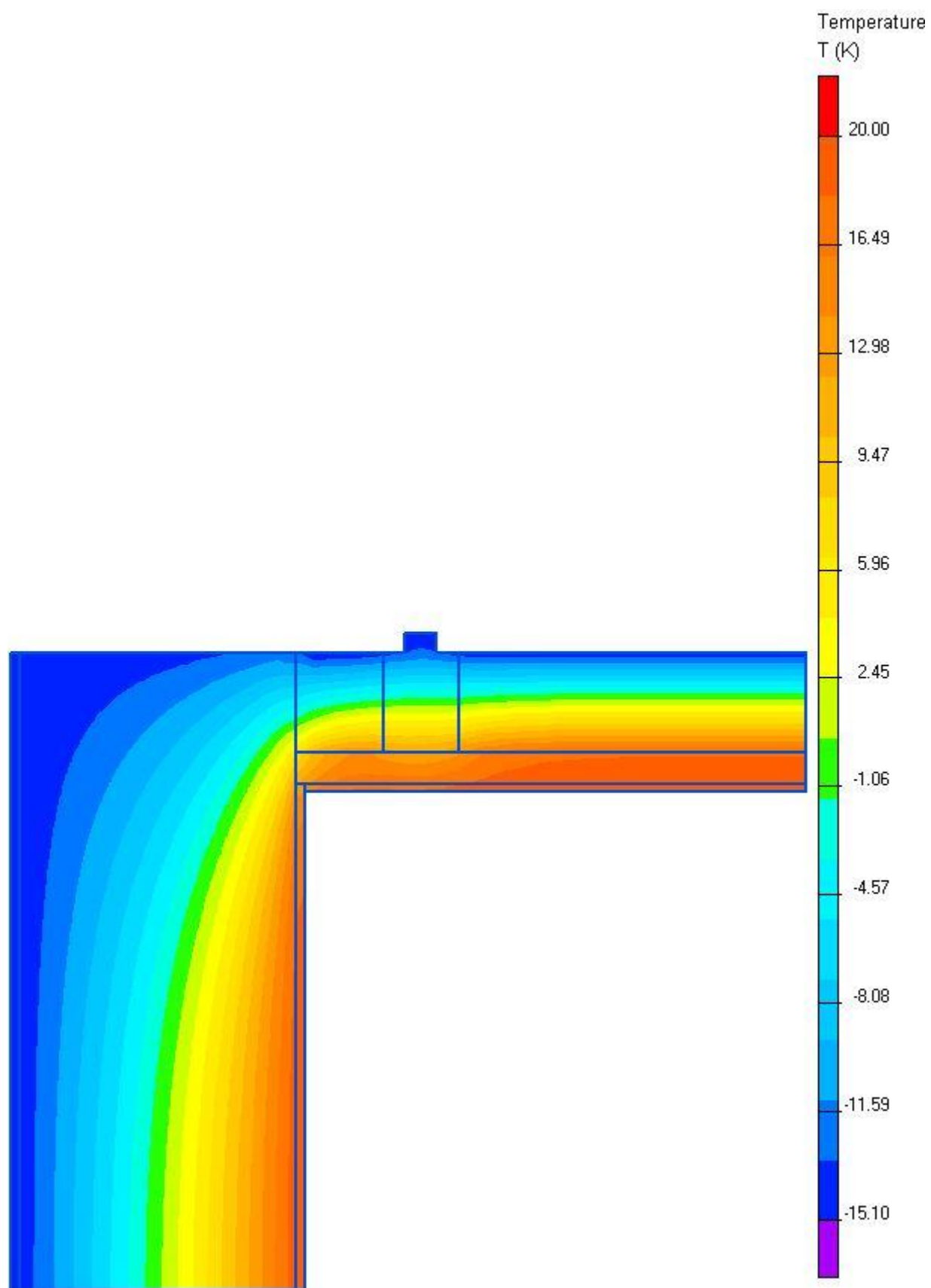


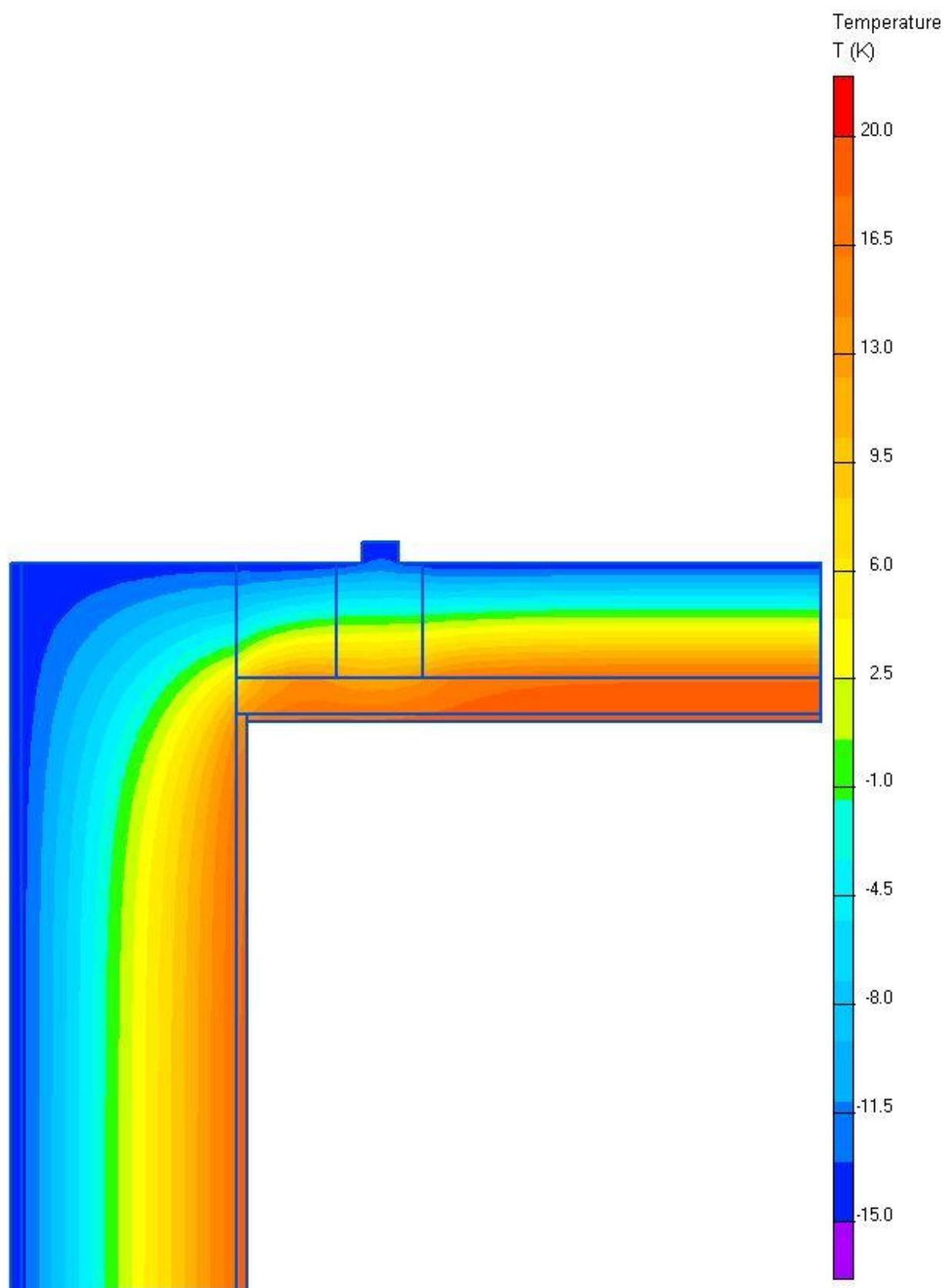


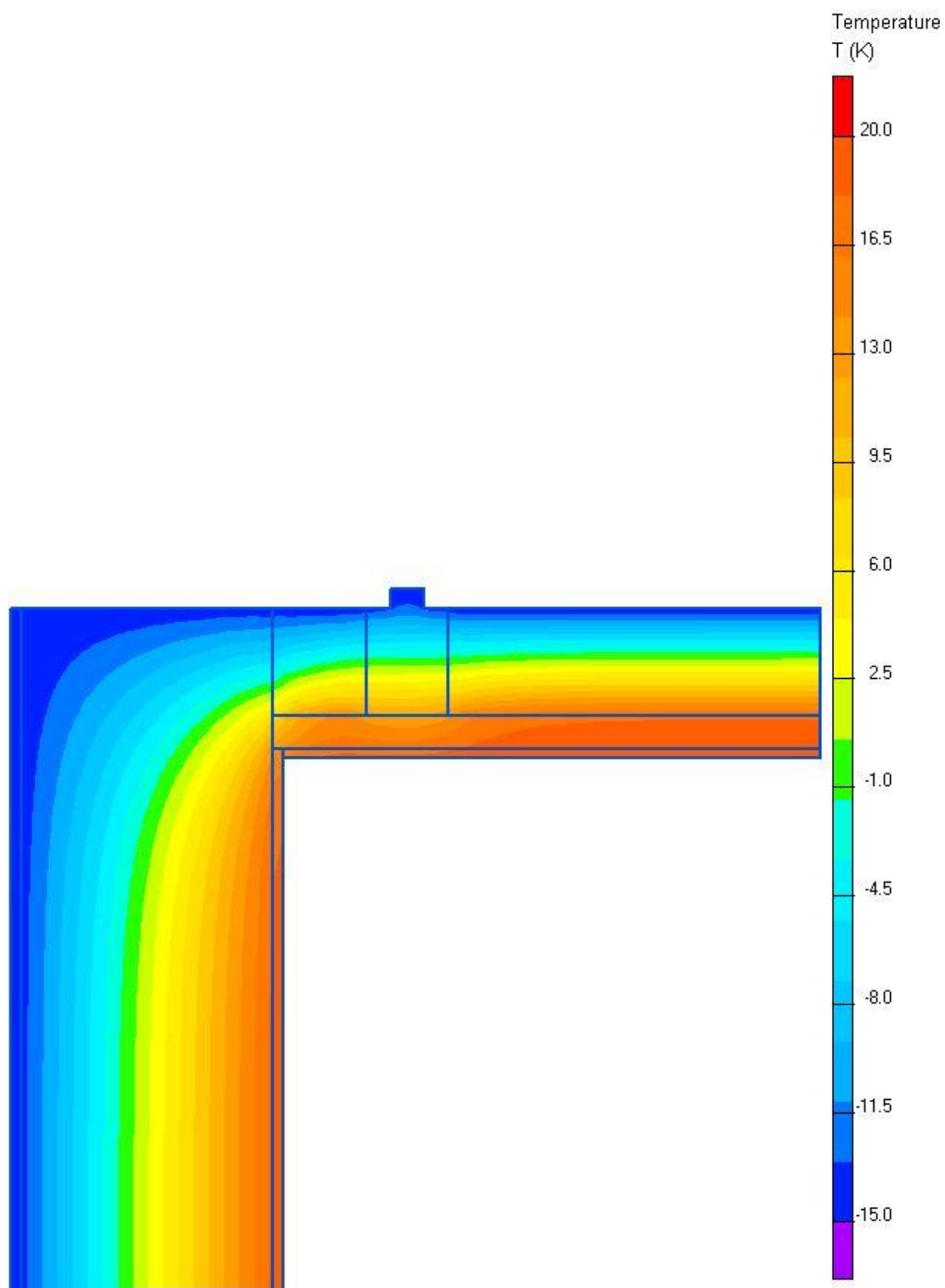


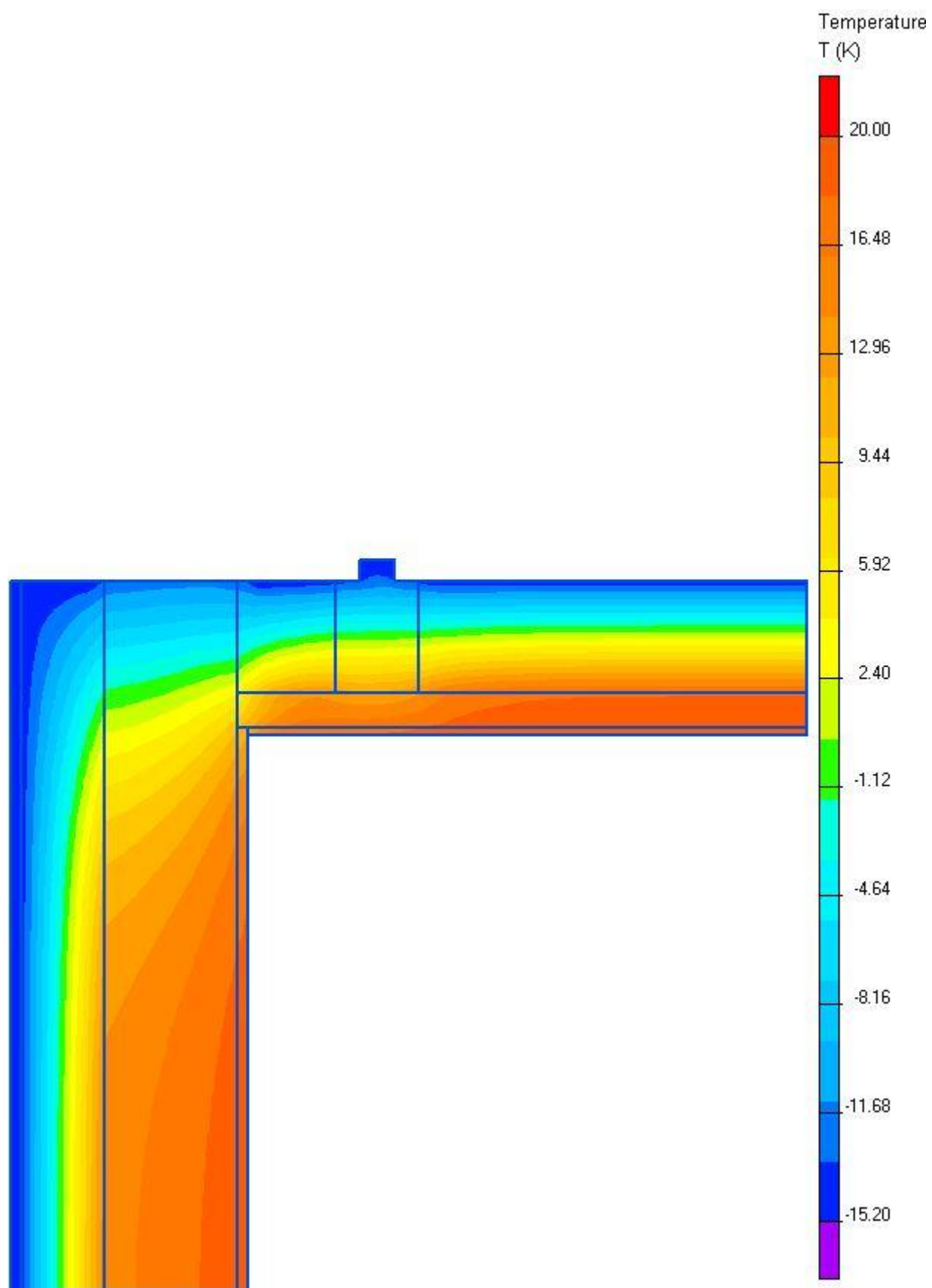


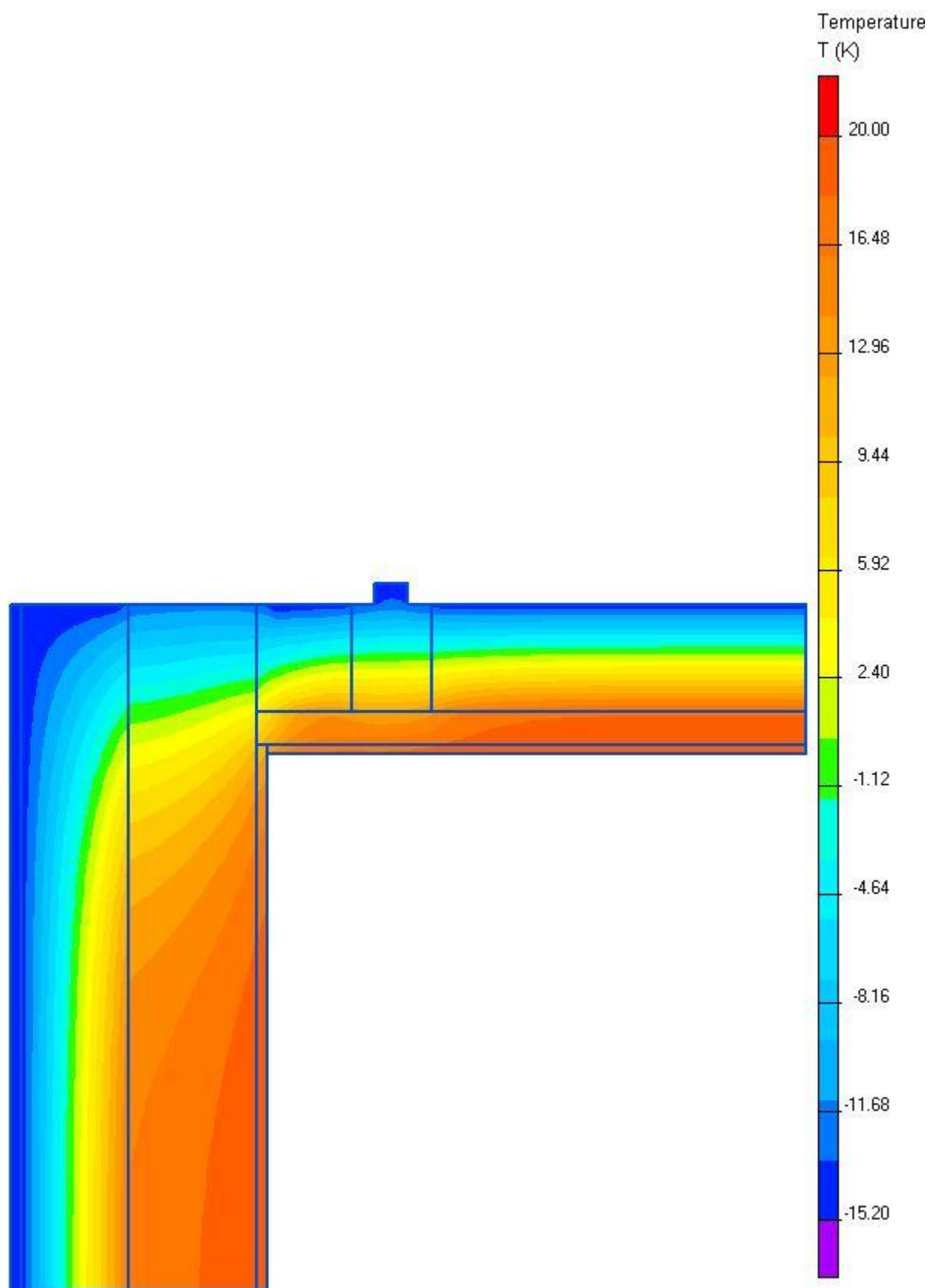












Detail 03

Detail 03 představuje průnik komínového tělesa tepelnou izolací v podkroví. Jde o případ z praxe, kdy jsem byl požádán o radu, proč v novostavbě rodinného domu zatéká okolo komína a klempíři nemohou přijít na to, kudy dovnitř teče. Výsledkem bylo zjištění, že na komínu v interiéru kondenzuje vodní pára, neboť komín působil jako výrazný tepelný most. Opatřením bylo zaizolování komínu v půdní části objektu.

Detail 03 Varianta 01

Jde o obvyklý případ. Zdivo je z betonových bloků s tepelnou izolací a šamotovou vložkou.

Detail 03 Varianta 02

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 03 Varianta 03

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 80 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 03 Varianta 04

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 120 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 03 Varianta 05

Jde o stejný případ jako je varianta 1, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 160 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 03 Varianta 06

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na zdivo komínu na půdě byla přidána tepelná izolace o síle 50 mm.

Detail 03 Varianta 07

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na zdivo komínu na půdě byla přidána tepelná izolace o síle 80 mm.

Detail 03 Varianta 08

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na zdivo komínu na půdě byla přidána tepelná izolace o síle 120 mm.

Detail 03 Varianta 09

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na zdivo komínu na půdě byla přidána tepelná izolace o síle 150 mm.

Detail 03 Varianta 10

Jde o stejný případ jako je varianta 1, na zdivo komínu na půdě byla přidána tepelná izolace o síle 150 mm. Byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 160 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 03 Varianta 11

Komín je vyzděn z plných pálených cihel.

Detail 03 Varianta 12

Komín je vyzděn z plných pálených cihel, byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 03 Varianta 13

Komín je vyzděn z plných pálených cihel, byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 80 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 03 Varianta 14

Komín je vyzděn z plných pálených cihel, byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 120 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 03 Varianta 15

Komín je vyzděn z plných pálených cihel, byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 160 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 03 Varianta 16

Komín je vyzděn z plných pálených cihel, na zdivo komínu na půdě byla přidána tepelná izolace o síle 50 mm.

Detail 03 Varianta 17

Komín je vyzděn z plných pálených cihel, na zdivo komínu na půdě byla přidána tepelná izolace o síle 80 mm.

Detail 03 Varianta 18

Komín je vyzděn z plných pálených cihel, na zdivo komínu na půdě byla přidána tepelná izolace o síle 120 mm.

Detail 03 Varianta 19

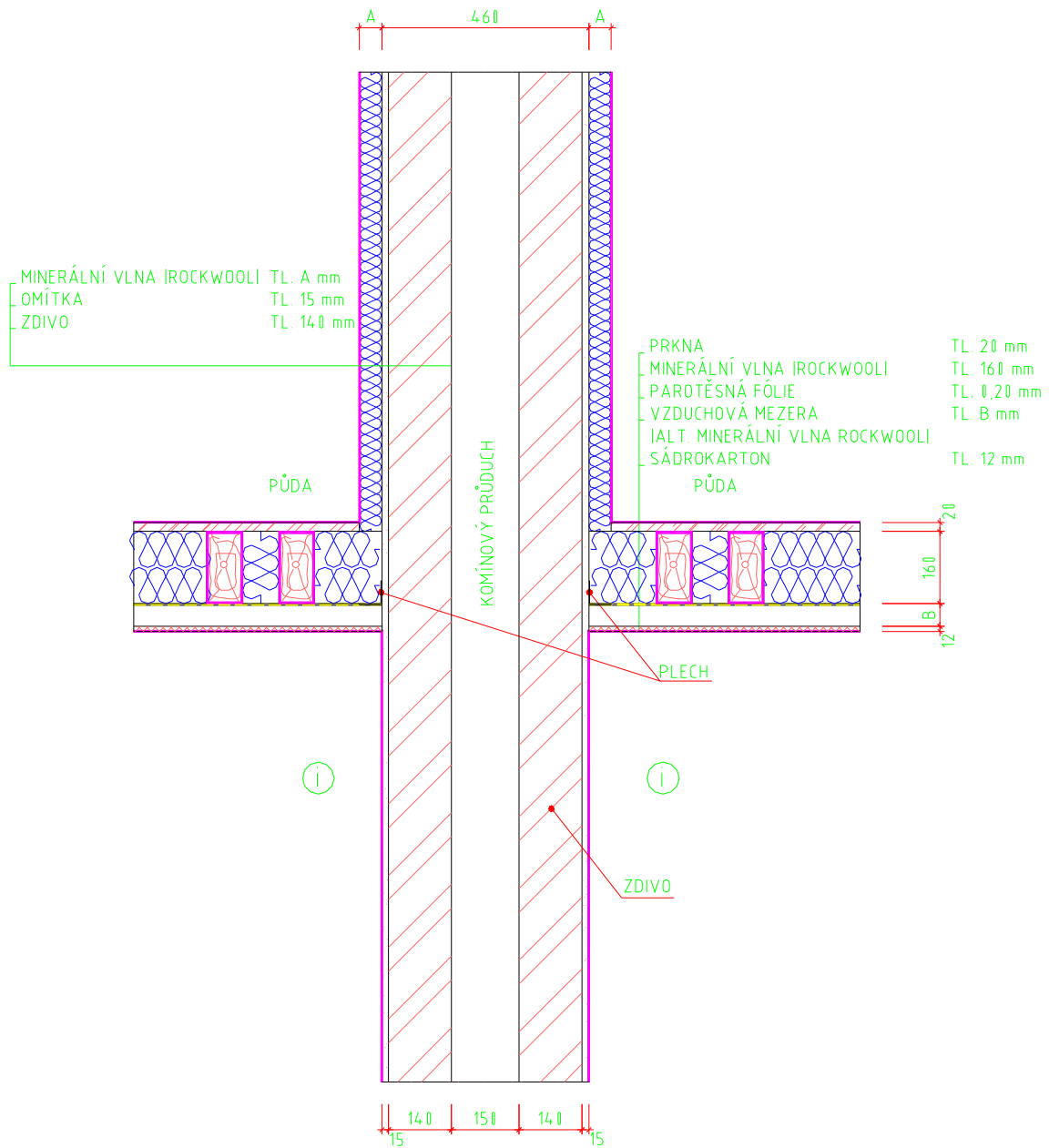
Komín je vyzděn z plných pálených cihel, na zdivo komínu na půdě byla přidána tepelná izolace o síle 150 mm.

Detail 03 Varianta 20

Komín je vyzděn z plných pálených cihel, na zdivo komínu na půdě byla přidána tepelná izolace o síle 150 mm, byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 160 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.



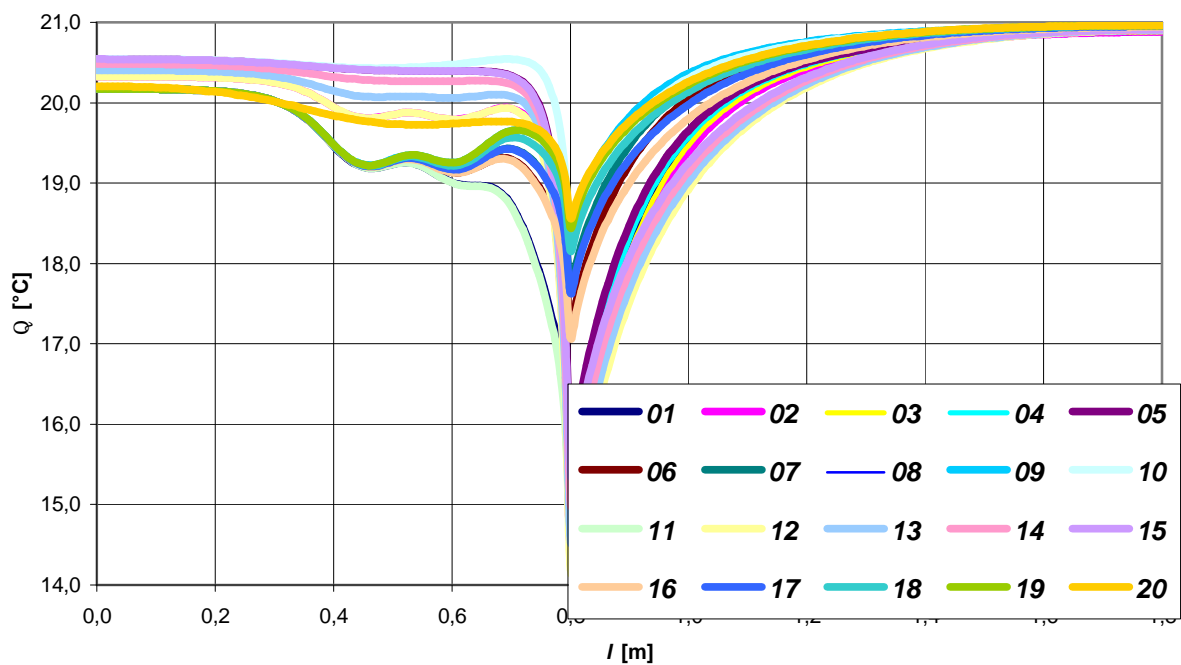
Schématický obrázek detailu 03 – zděný komín



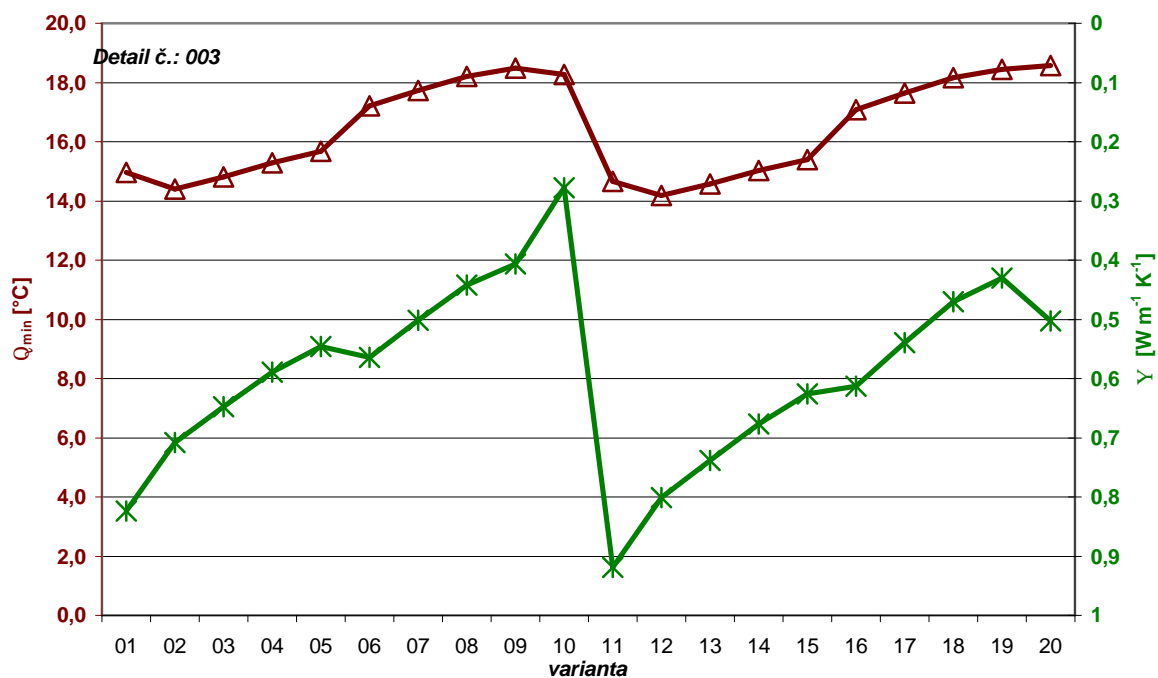
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

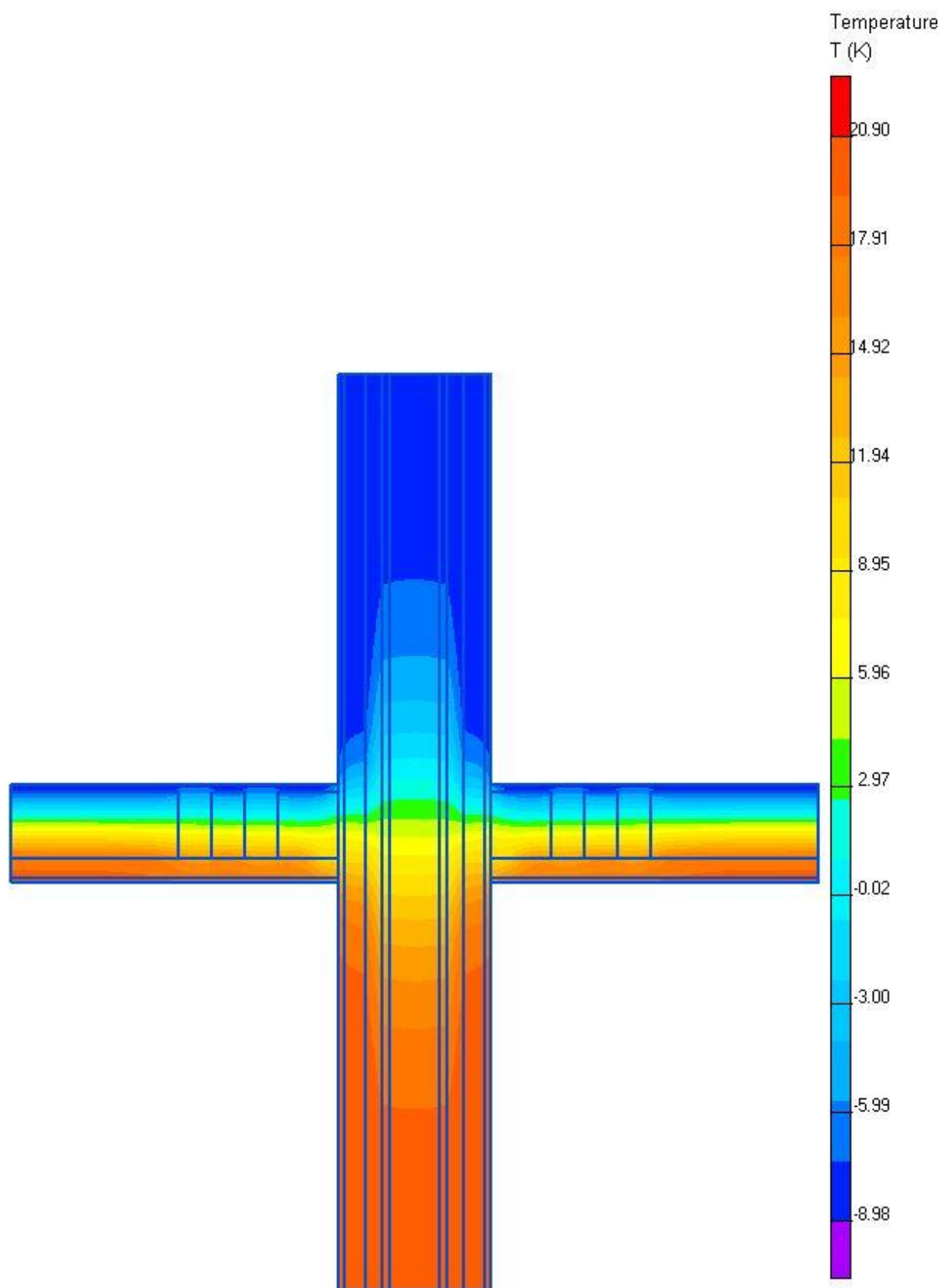
003 Průchod komínu tepelnou izolací v podkroví					
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)			Y	Q_{si,min}
	zdivo	A	B	W m⁻¹ K⁻¹	°C
01	Třívrstvý komín	0	0	0,82	14,95
02	Třívrstvý komín	0	50	0,71	14,41
03	Třívrstvý komín	0	80	0,65	14,80
04	Třívrstvý komín	0	120	0,59	15,28
05	Třívrstvý komín	0	160	0,55	15,67
06	Třívrstvý komín	50	0	0,56	17,21
07	Třívrstvý komín	80	0	0,50	17,72
08	Třívrstvý komín	120	0	0,44	18,21
09	Třívrstvý komín	150	0	0,41	18,48
10	Třívrstvý komín	150	160	0,28	18,26
11	Cihlový komín	0	50	0,92	14,67
12	Cihlový komín	0	80	0,80	14,19
13	Cihlový komín	0	120	0,74	14,57
14	Cihlový komín	0	160	0,68	15,02
15	Cihlový komín	0	0	0,63	15,39
16	Cihlový komín	50	0	0,61	17,07
17	Cihlový komín	80	0	0,54	17,63
18	Cihlový komín	120	0	0,47	18,16
19	Cihlový komín	150	0	0,43	18,44
20	Cihlový komín	150	160	0,50	18,57

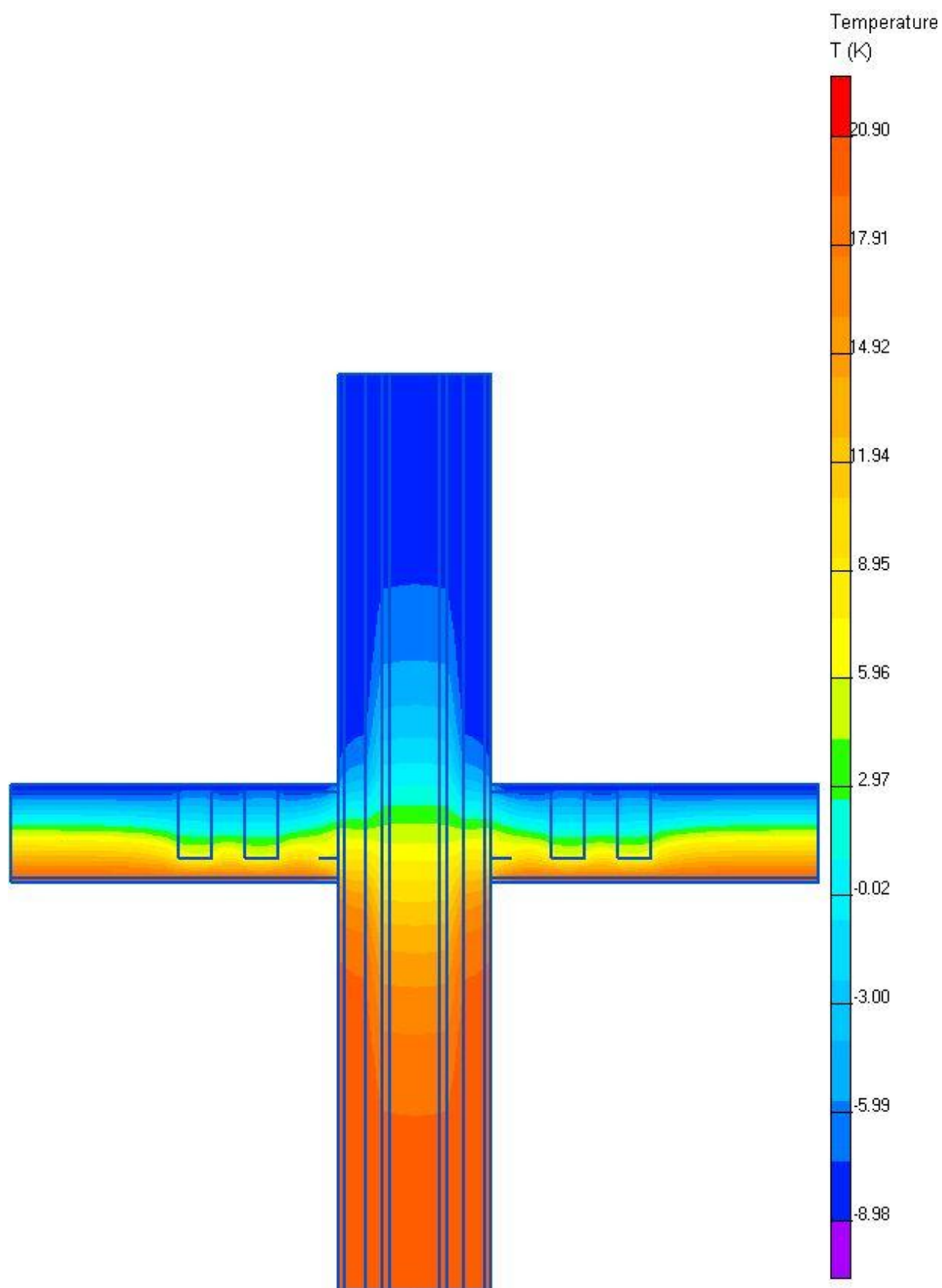
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

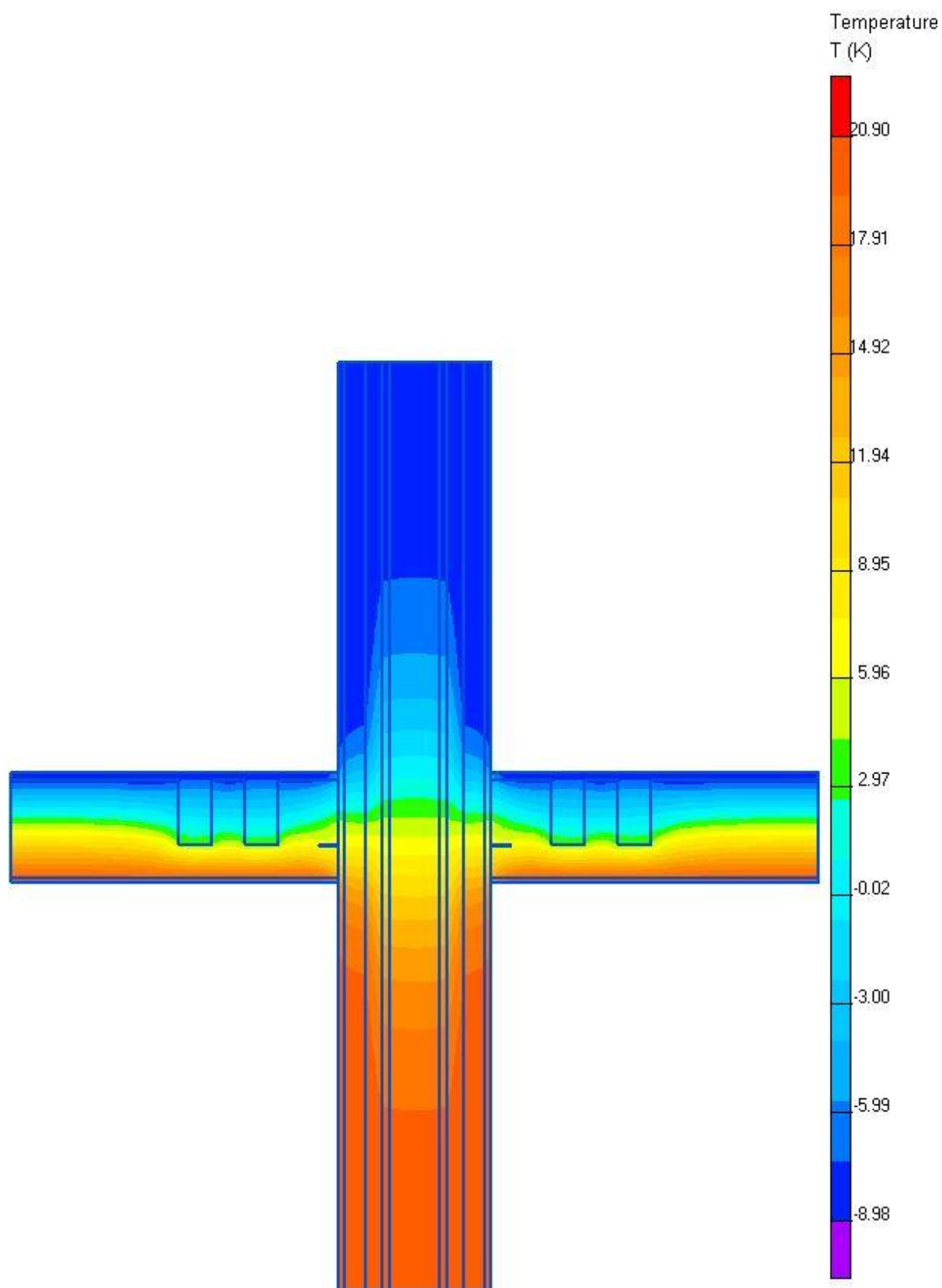


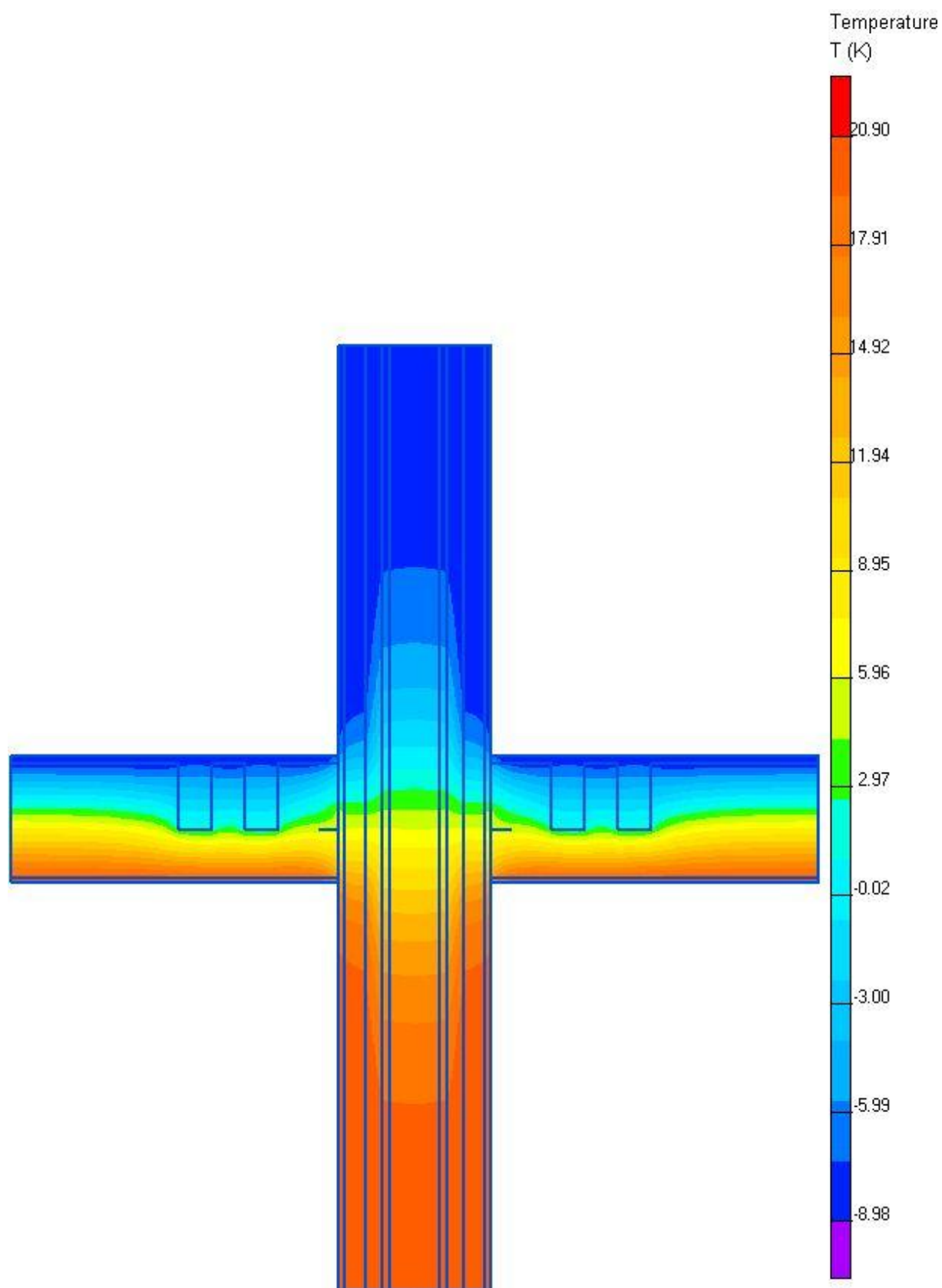
Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů tepelné vodivosti

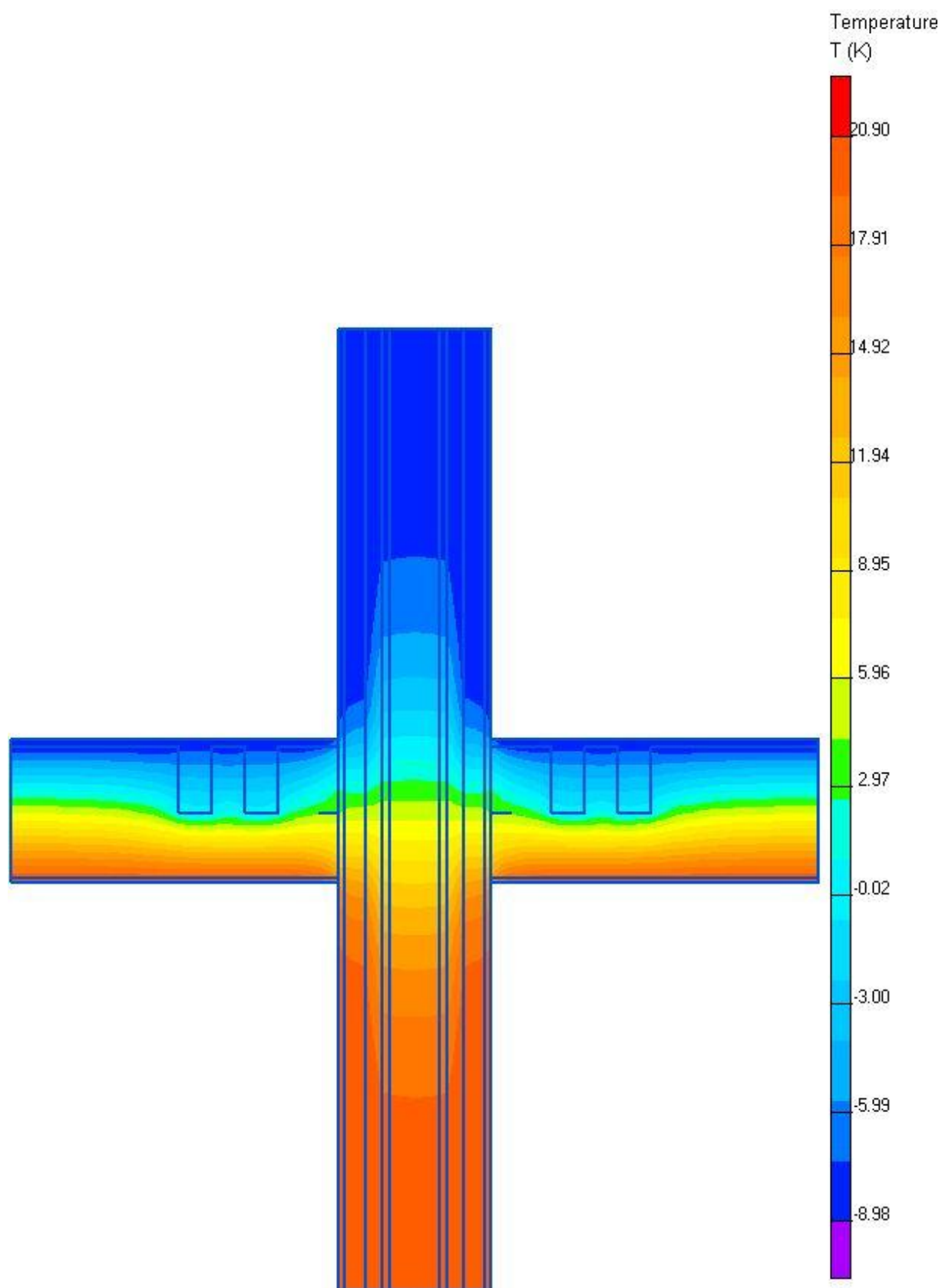


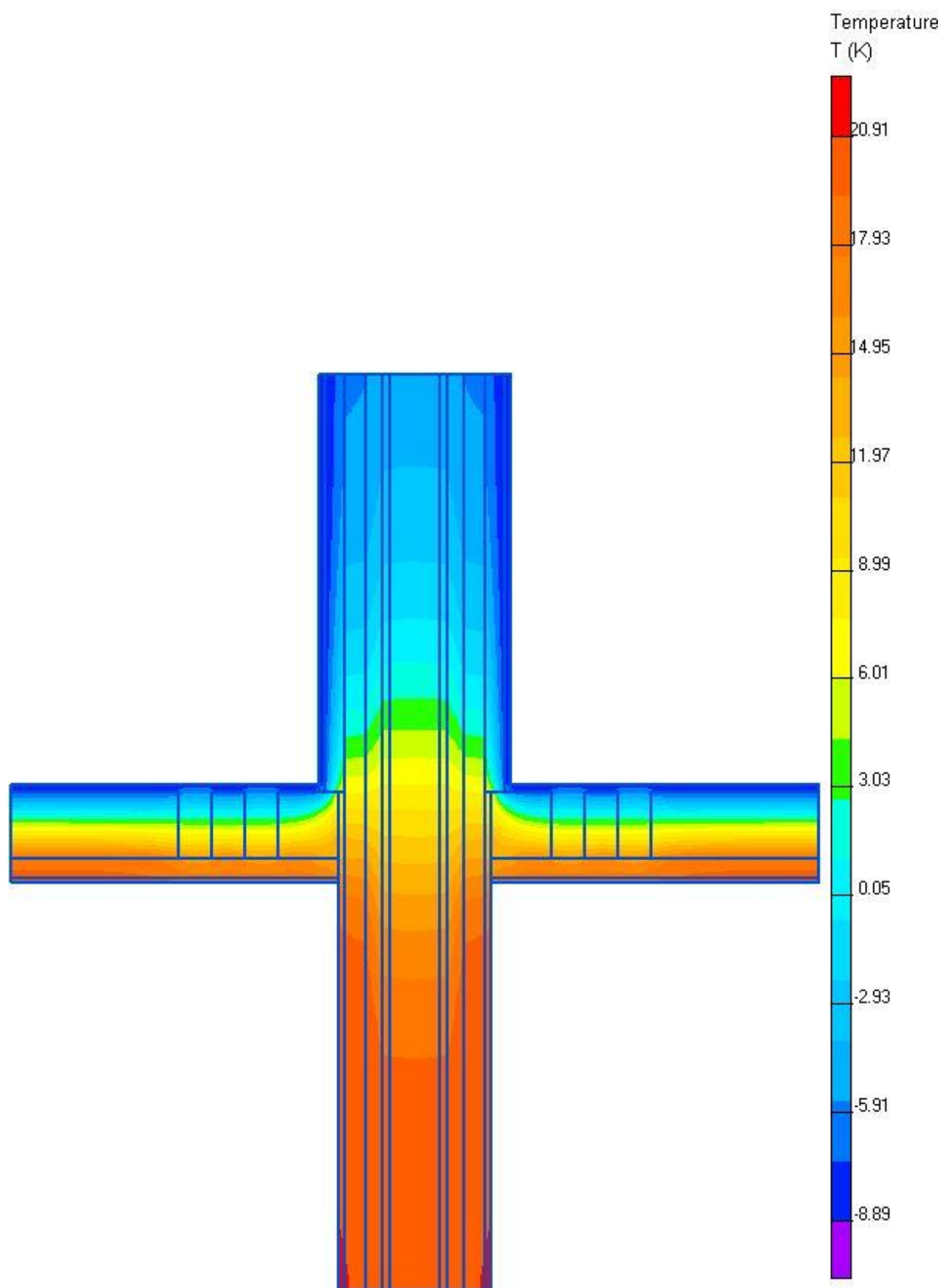


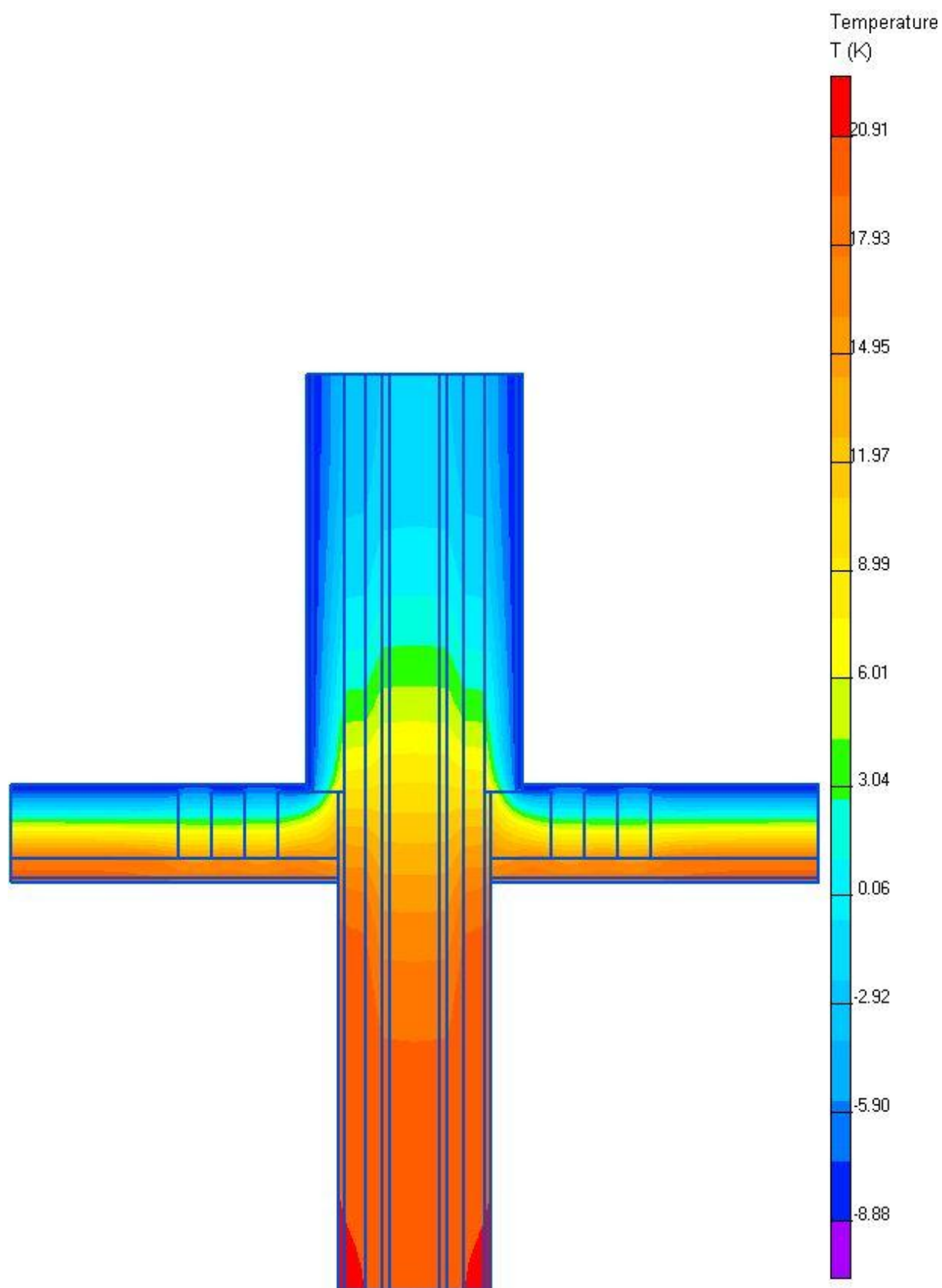


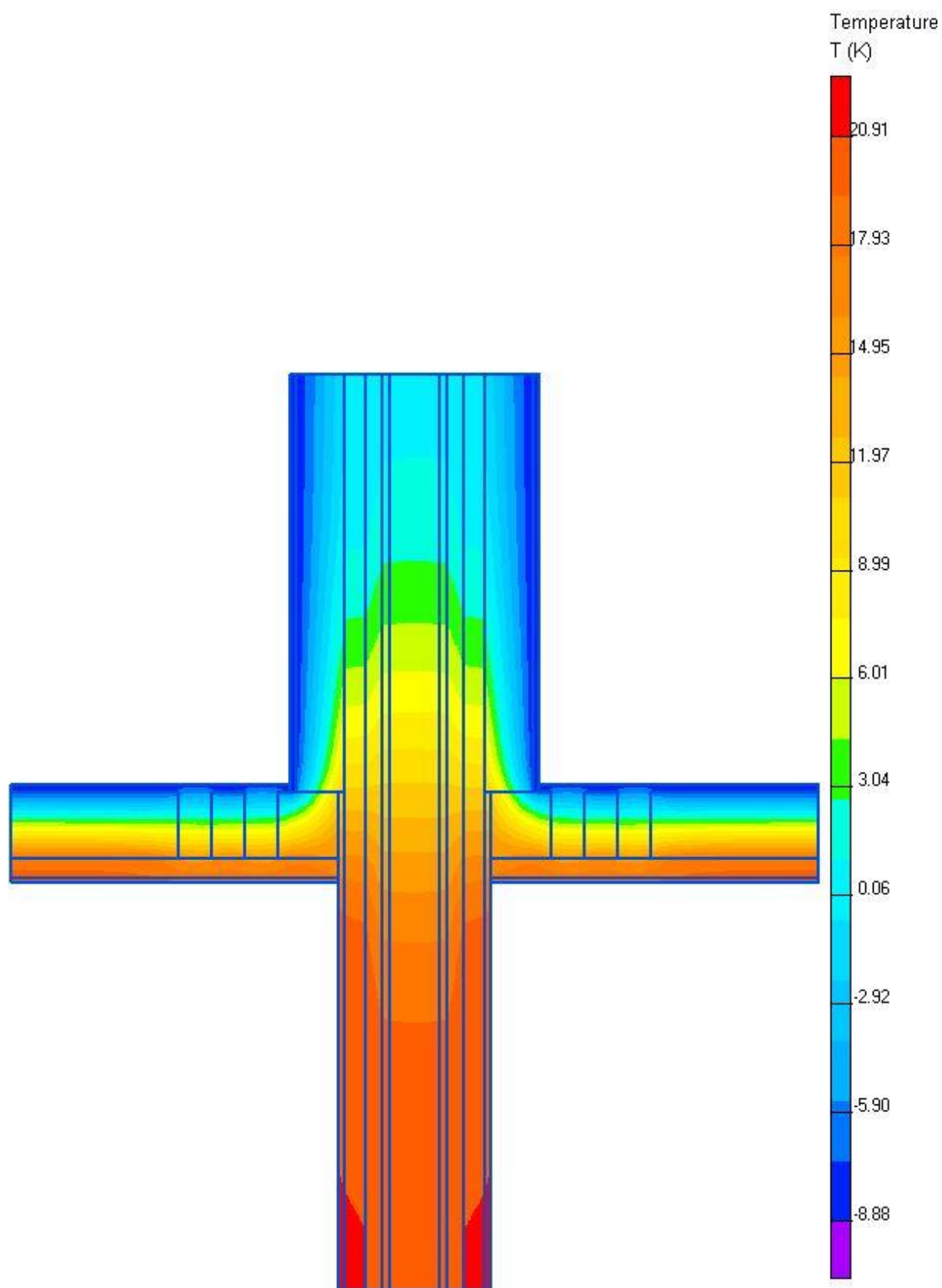


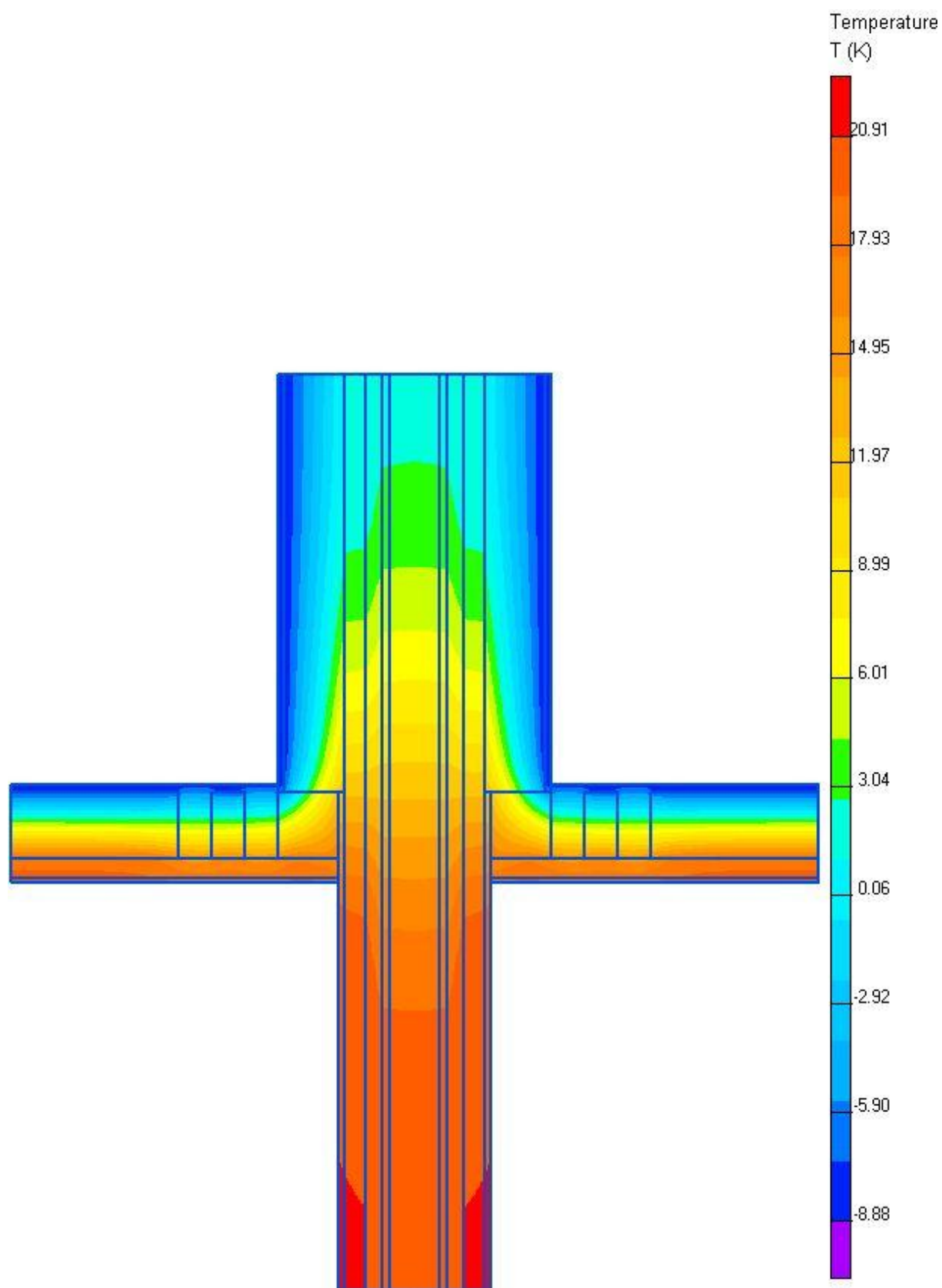


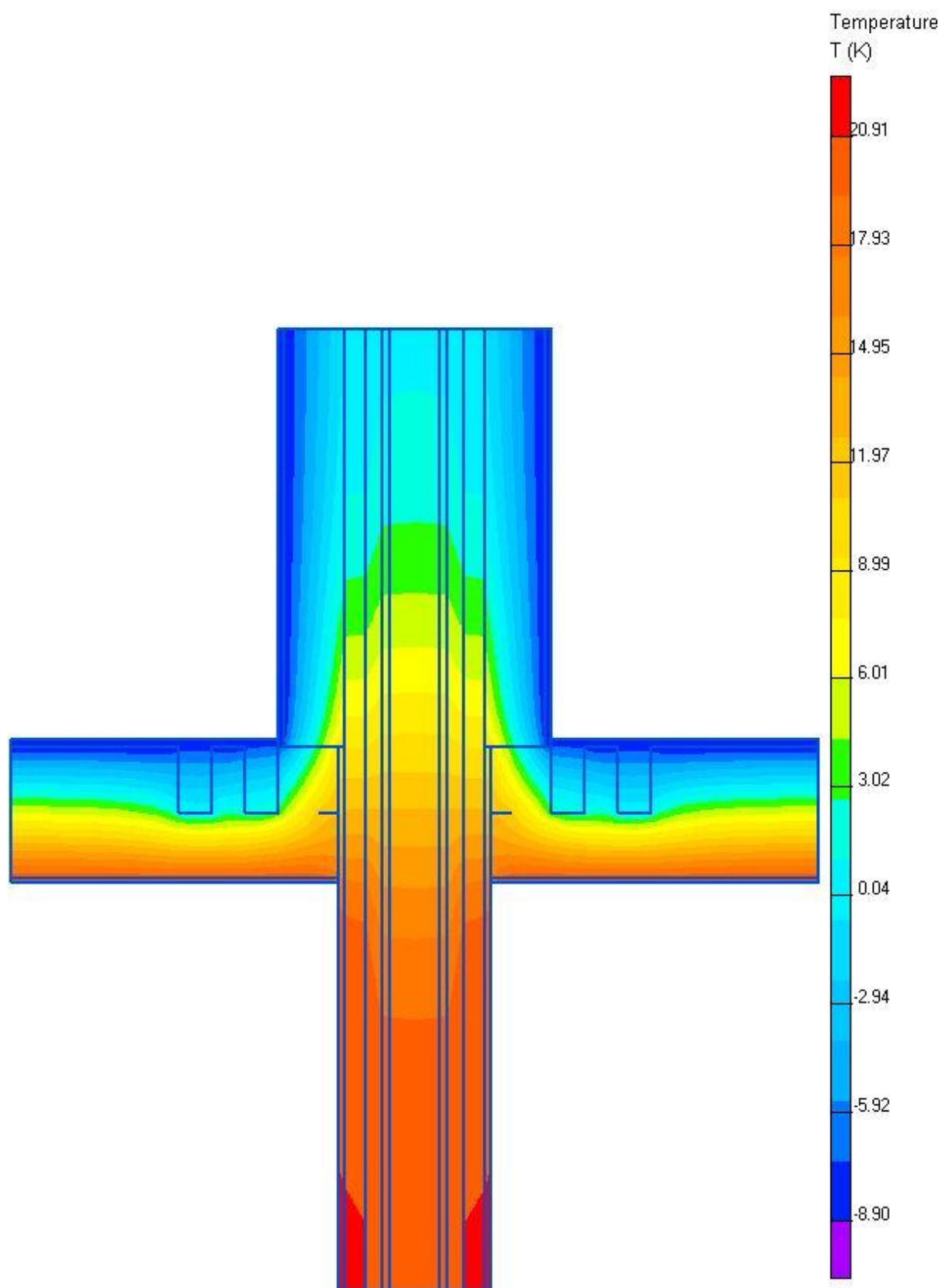


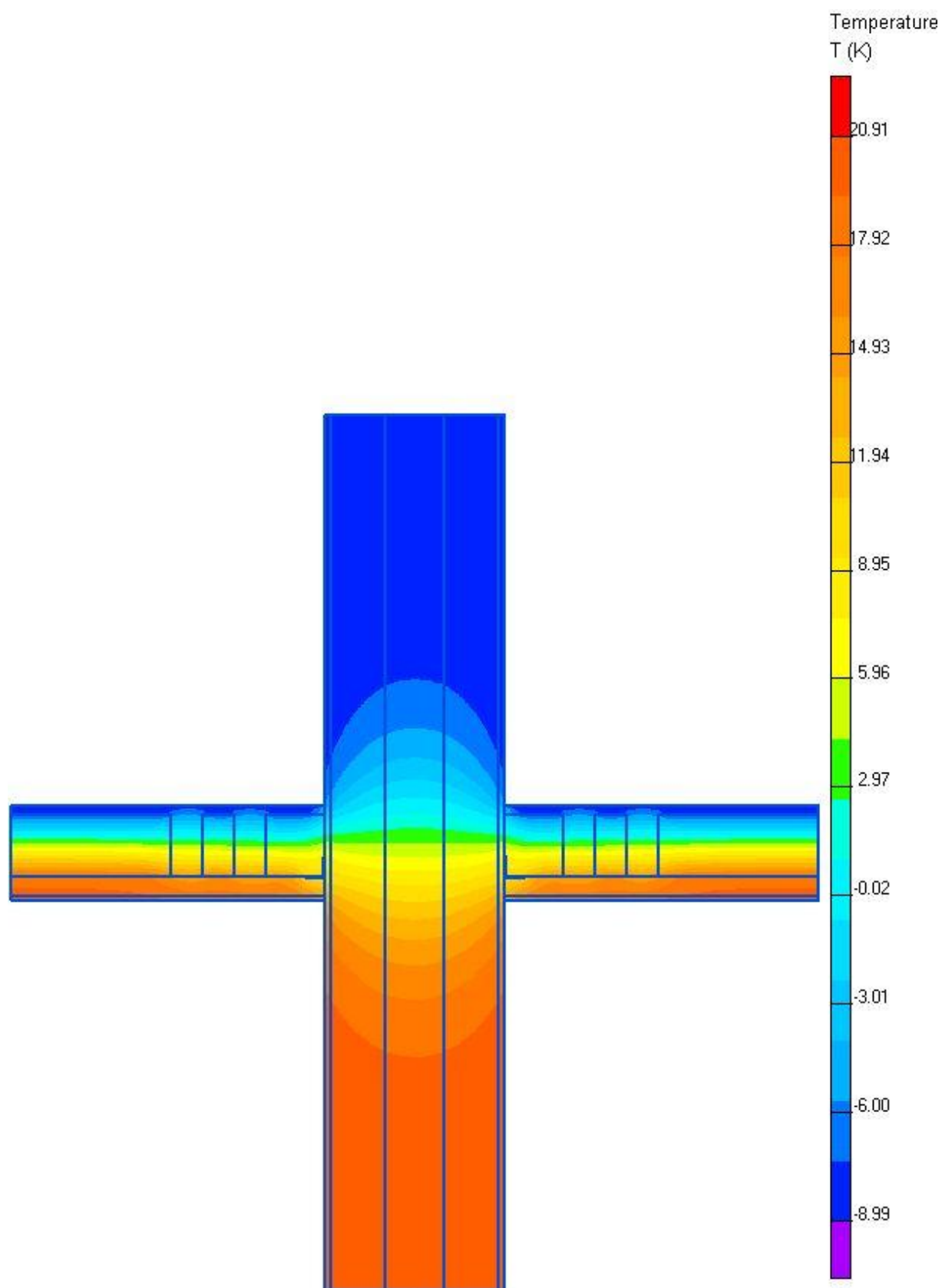


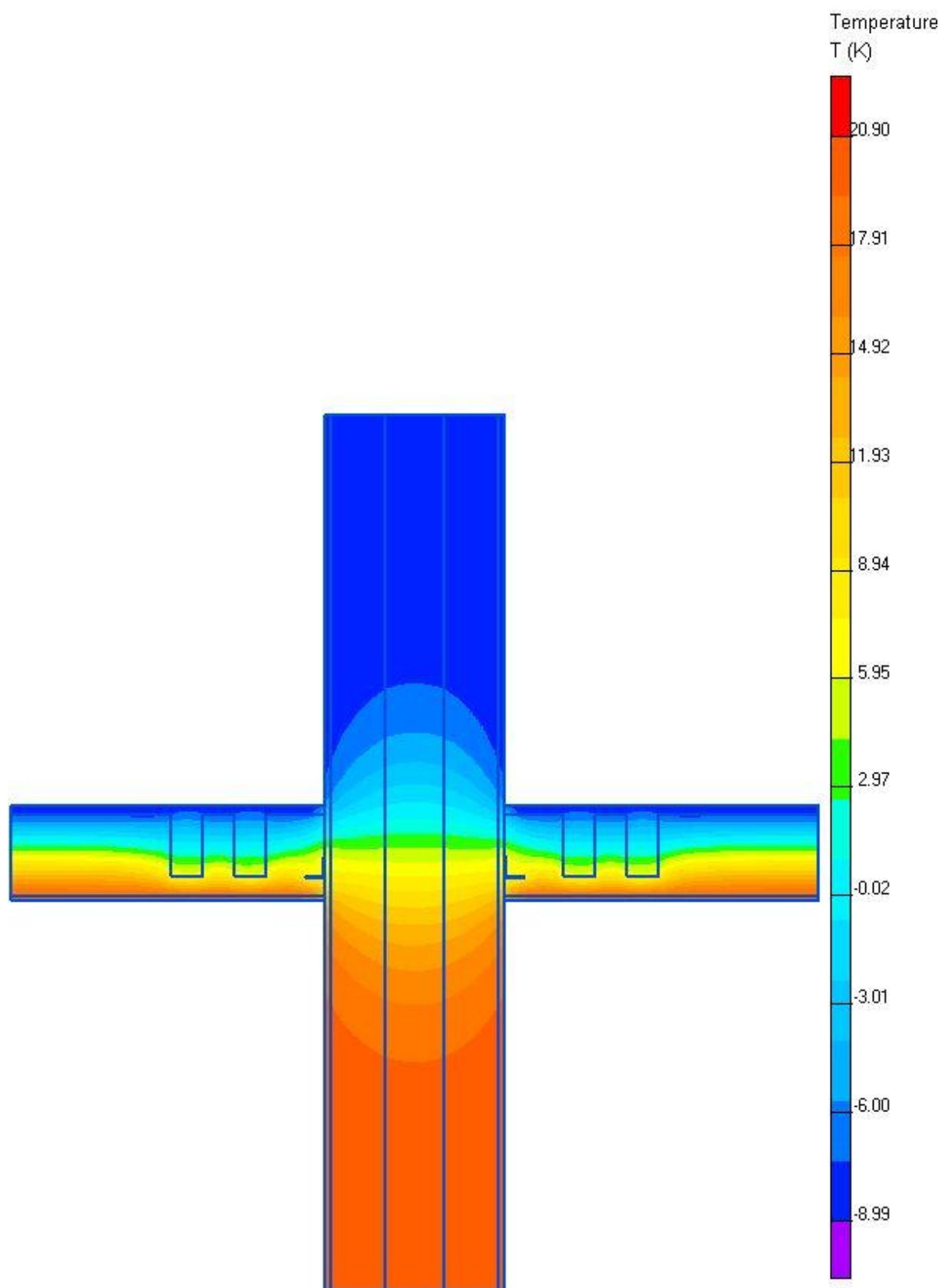


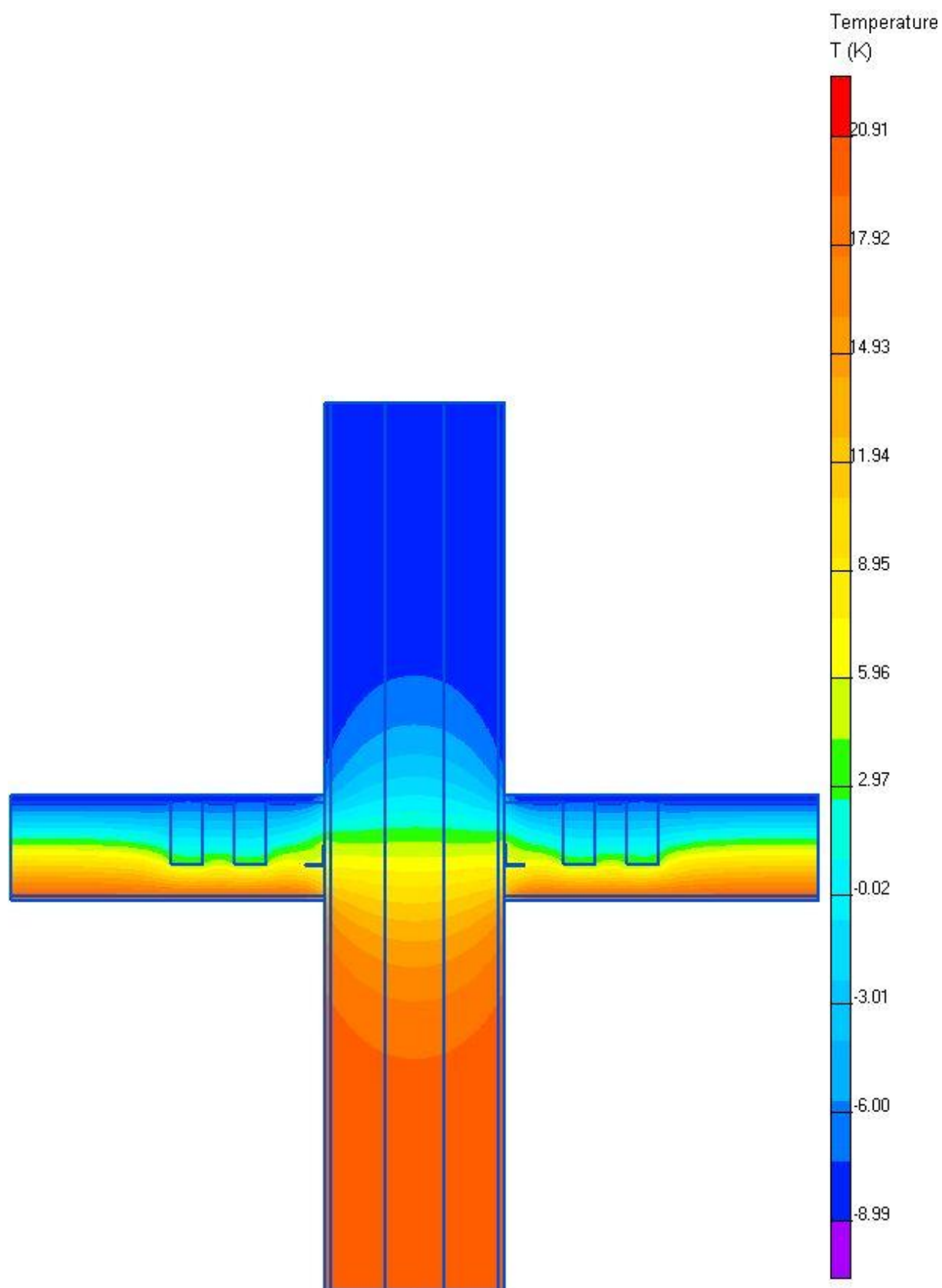


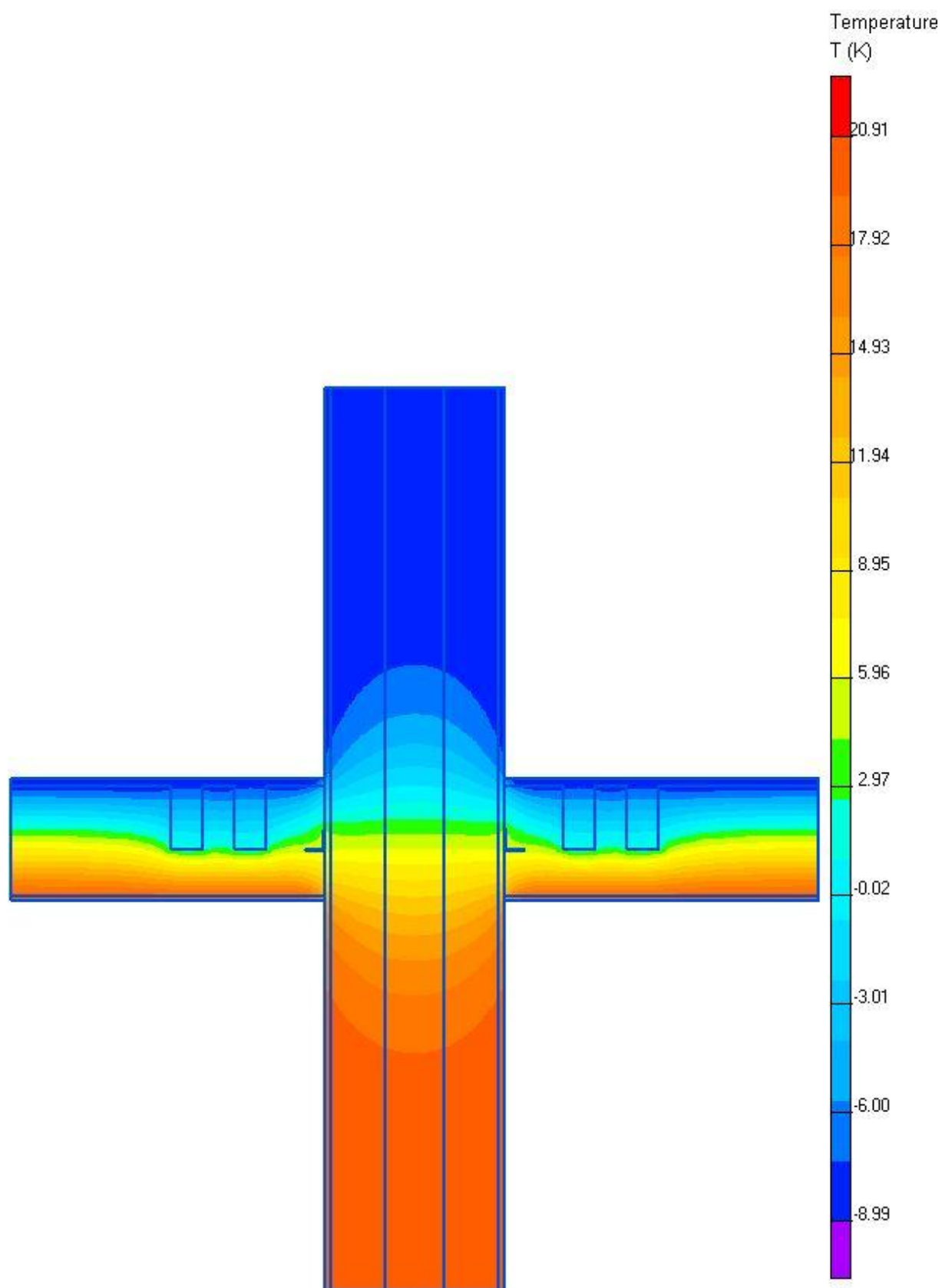


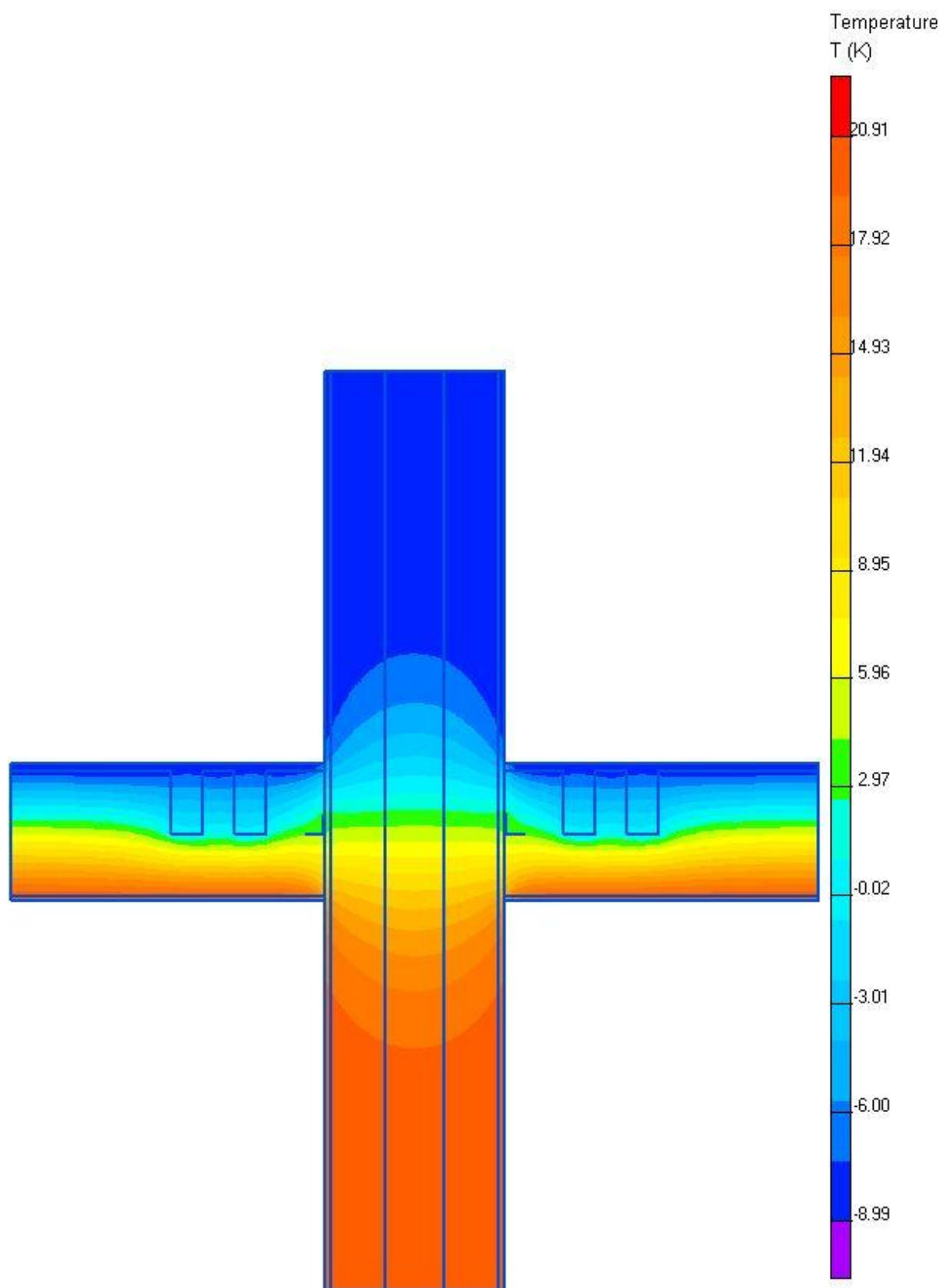


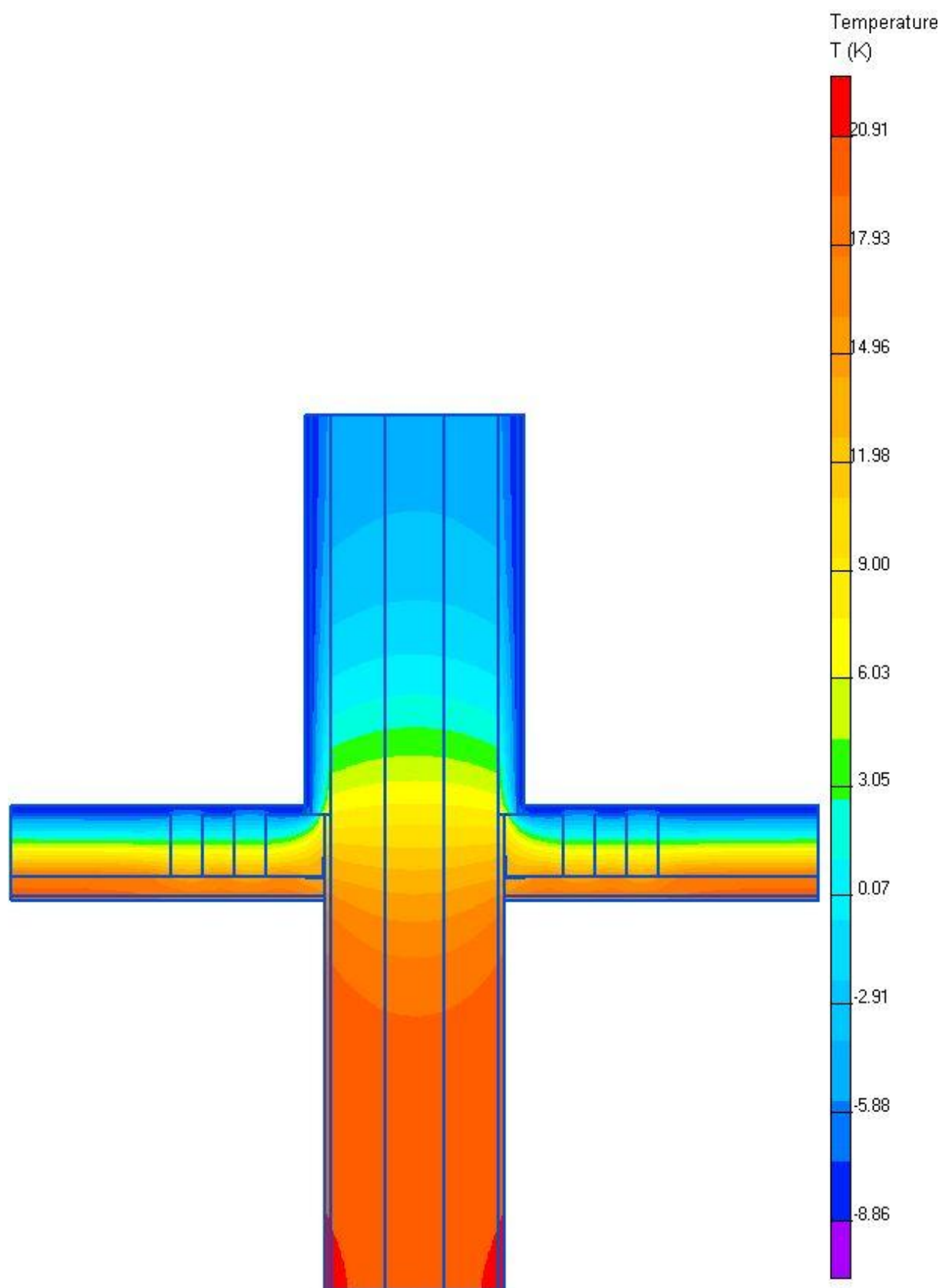


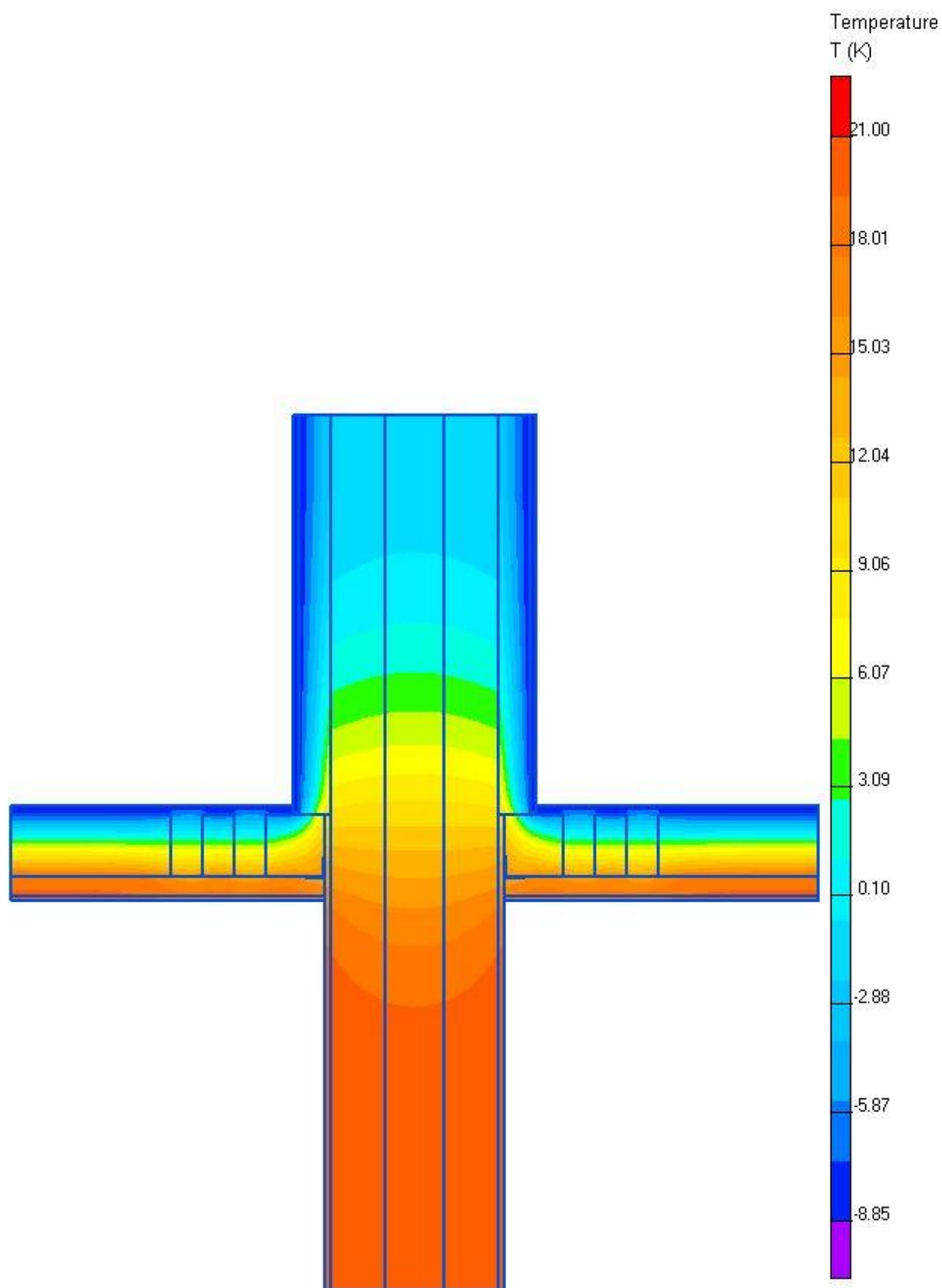


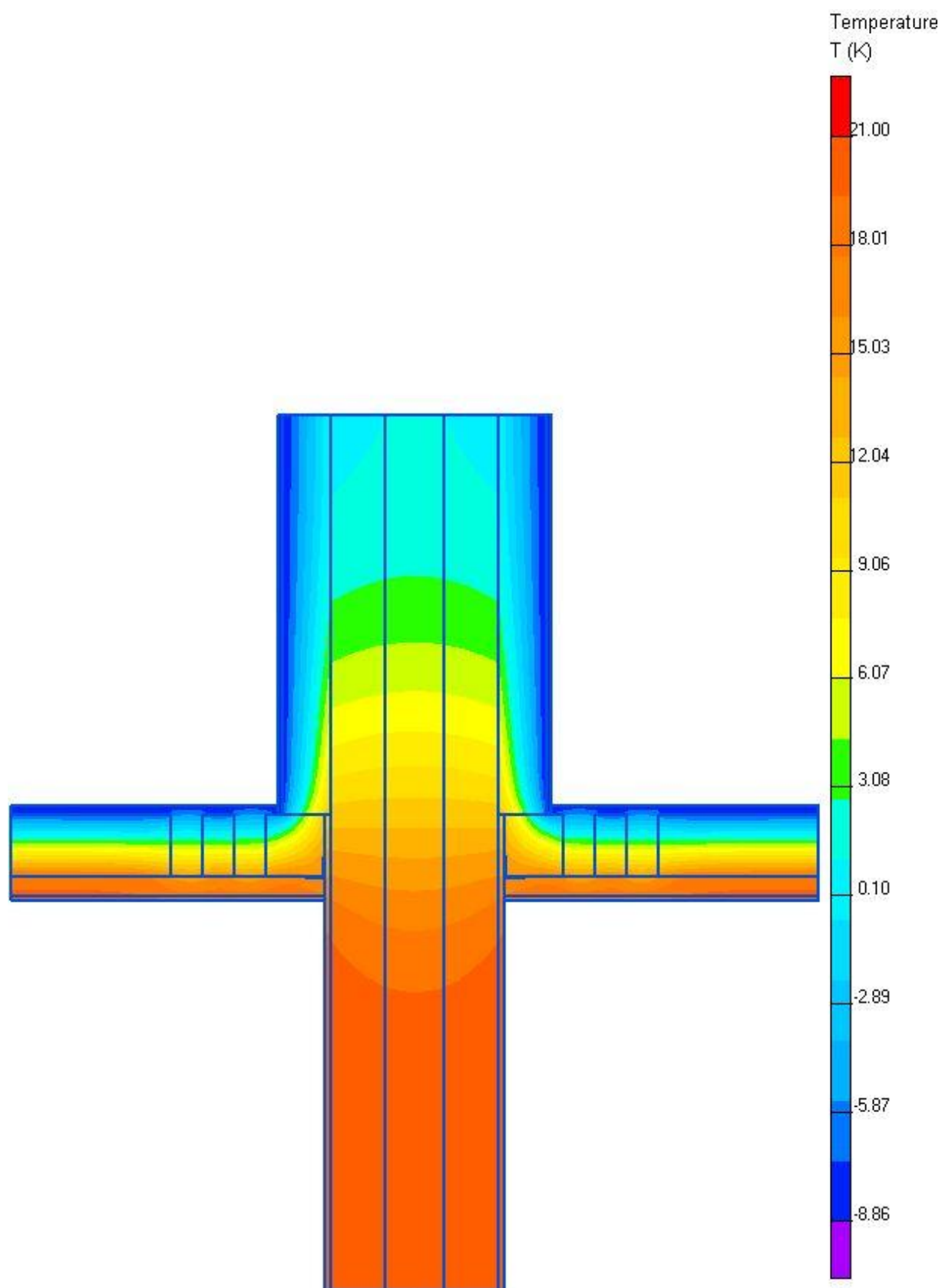


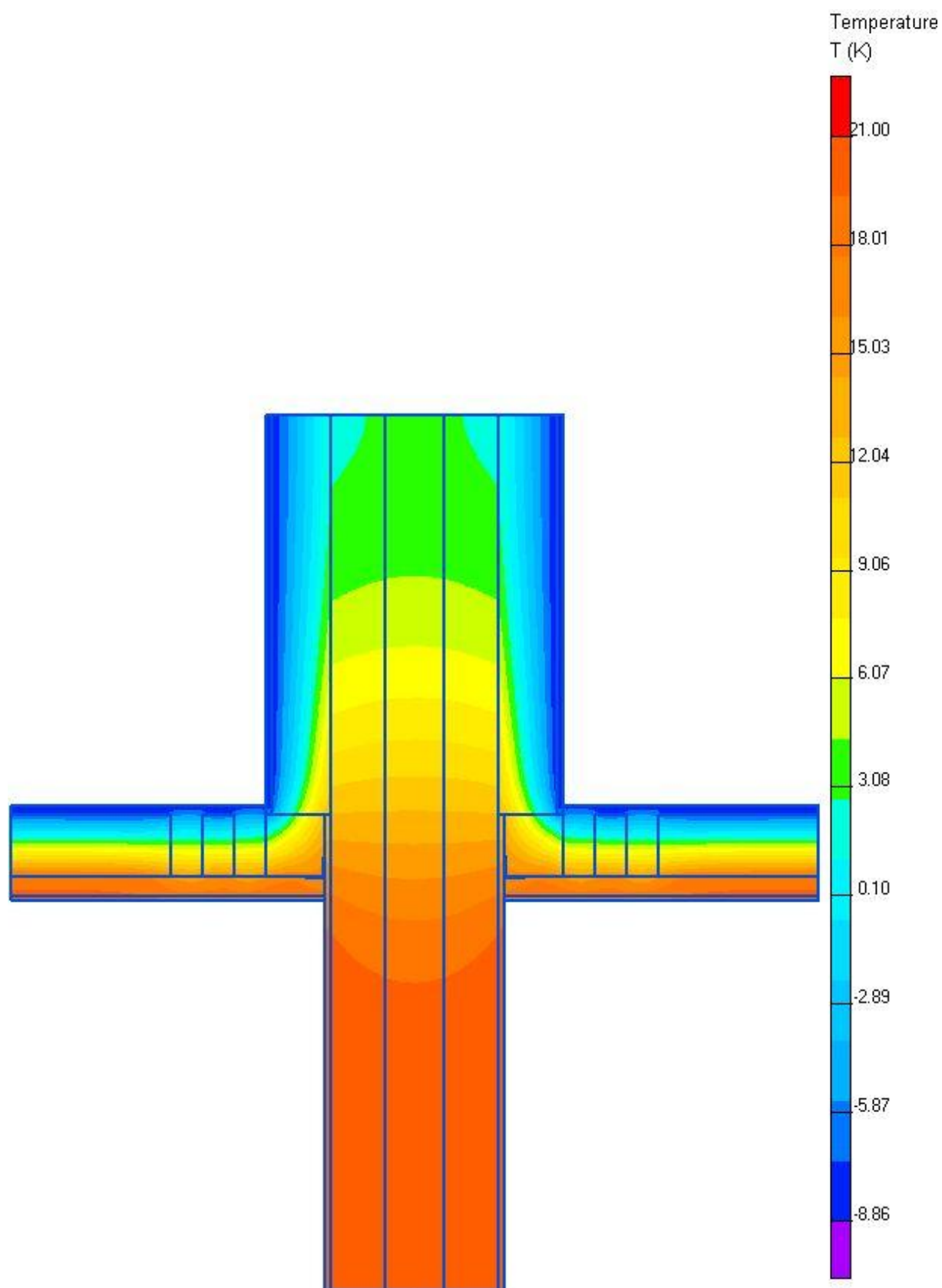


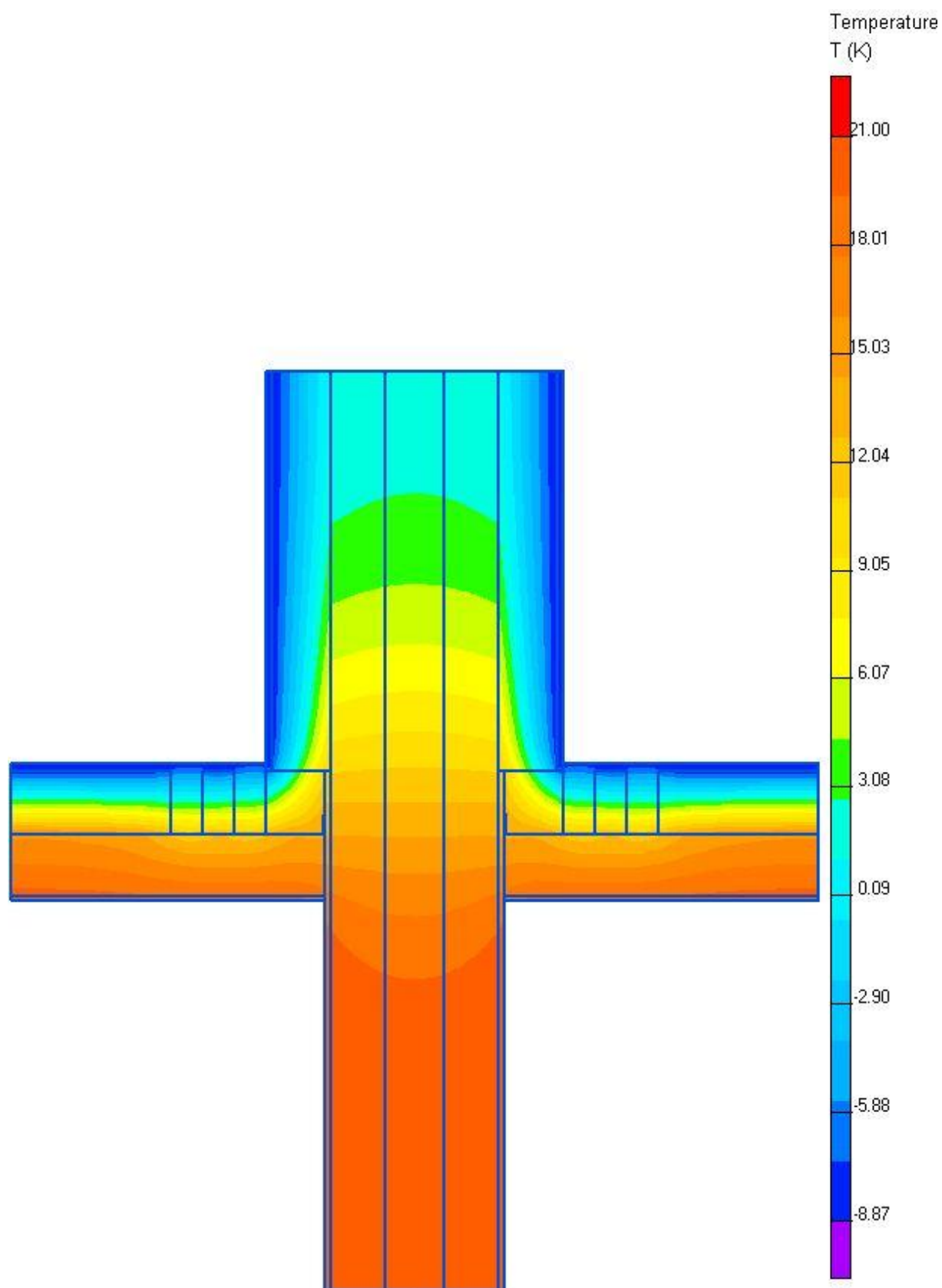












Detail 04

Detail 04 představuje průchod vnitřního nosného, popřípadě protipožárního zdiva lehkou stropní konstrukcí s izolací oddělující půdní nevytápěný prostor s interiérem.

Detail 04 Varianta 01

Jde o obvyklý případ. Zdivo je cihelné z tvarovek Therm tl. 190 mm, tepelná izolace mezi krokvemi je silná 160 mm. Zdivo je počítané jako anizotropní.

Detail 04 Varianta 02

Jde o stejný případ jako je varianta 01, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 04 Varianta 03

Jde o stejný případ jako je varianta 01, pouze byla zateplena zeď na půdě 50 mm izolace.

Detail 04 Varianta 04

Jde o stejný případ jako je varianta 01, byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci, byla zateplena zeď na půdě 50 mm izolace.

Detail 04 Varianta 05

Jde o obvyklý případ. Zdivo je cihelné z tvarovek Therm tl. 240 mm, tepelná izolace mezi krokvemi je silná 160 mm. Zdivo je počítané jako anizotropní.

Detail 04 Varianta 06

Jde o stejný případ jako je varianta 05, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 04 Varianta 07

Jde o stejný případ jako je varianta 05, pouze byla zateplena zeď na půdě 50 mm izolace.

Detail 04 Varianta 08

Jde o stejný případ jako je varianta 05, byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci, byla zateplena zeď na půdě 50 mm izolace.

Detail 04 Varianta 09

Jde o obvyklý případ. Zdivo je cihelné z tvarovek Therm tl. 300 mm, tepelná izolace mezi krokvemi je silná 160 mm. Zdivo je počítané jako anizotropní.

Detail 04 Varianta 10

Jde o stejný případ jako je varianta 09, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 04 Varianta 11

Jde o stejný případ jako je varianta 09, pouze byla zateplena zeď na půdě 50 mm izolace.

Detail 04 Varianta 12

Jde o stejný případ jako je varianta 09, byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci, byla zateplena zeď na půdě 50 mm izolace.

Detail 04 Varianta 13

Jde o obvyklý případ. Zdivo plynosilikátové tl. 240 mm, tepelná izolace mezi krokvemi je silná 160 mm.

Detail 04 Varianta 14

Jde o stejný případ jako je varianta 13, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

Detail 04 Varianta 15

Jde o stejný případ jako je varianta 13, pouze byla zateplena zeď na půdě 50 mm izolace.

Detail 04 Varianta 16

Jde o stejný případ jako je varianta 13, byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci, byla zateplena zeď na půdě 50 mm izolace.

Detail 04 Varianta 17

Jde o obvyklý případ. Zdivo je plynosilikátové tl. 300 mm, tepelná izolace mezi krokvemi je silná 160 mm.

Detail 04 Varianta 18

Jde o stejný případ jako je varianta 17, pouze byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci.

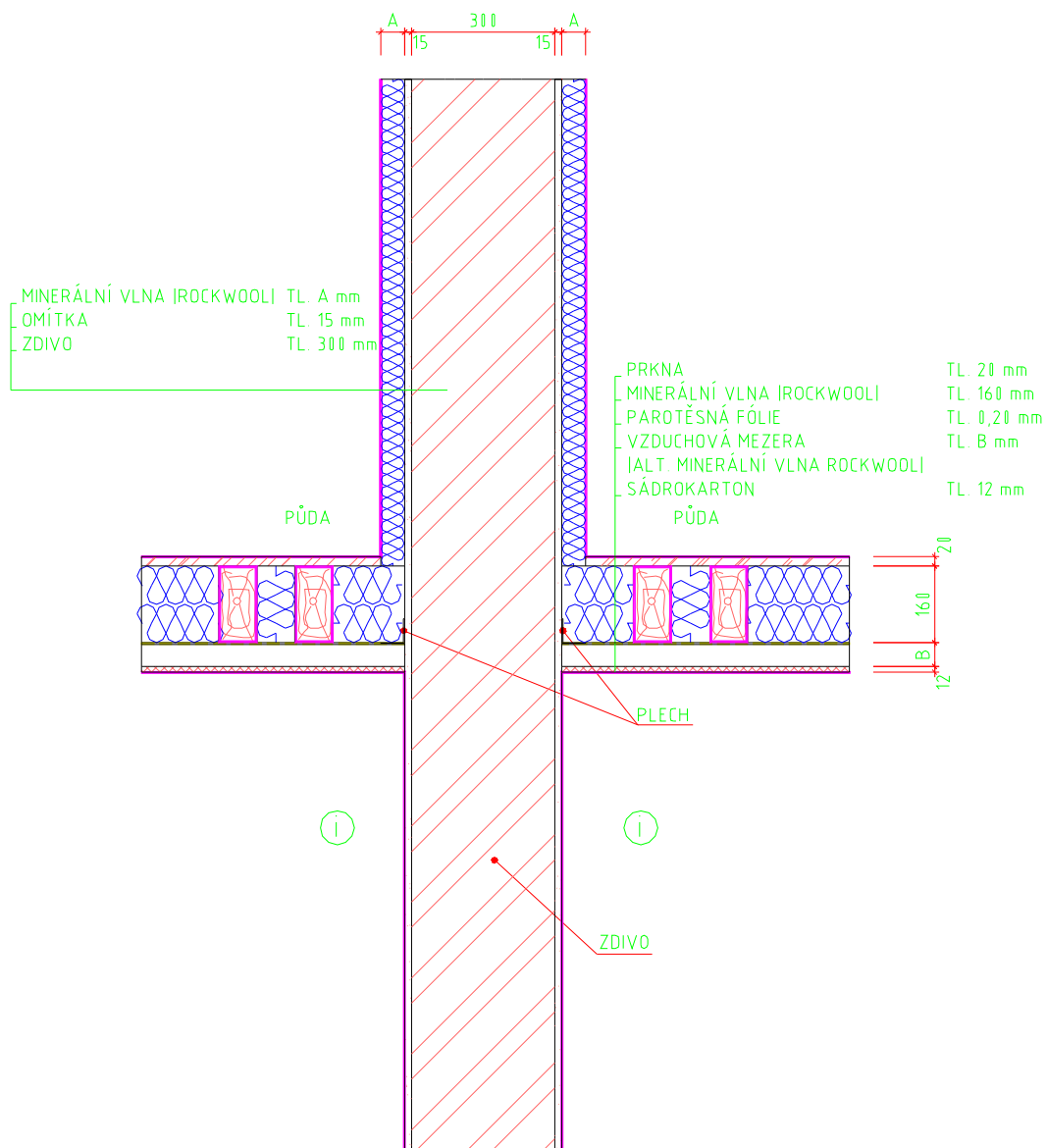
Detail 04 Varianta 19

Jde o stejný případ jako je varianta 17, pouze byla zateplena zeď na půdě 50 mm izolace.

Detail 04 Varianta 20

Jde o stejný případ jako je varianta 17, byla zesílena tepelná izolace v podhledu přidáním 50 mm izolace mezi sádrokarton a tepelnou izolaci, byla zateplena zeď na půdě 50 mm izolace.

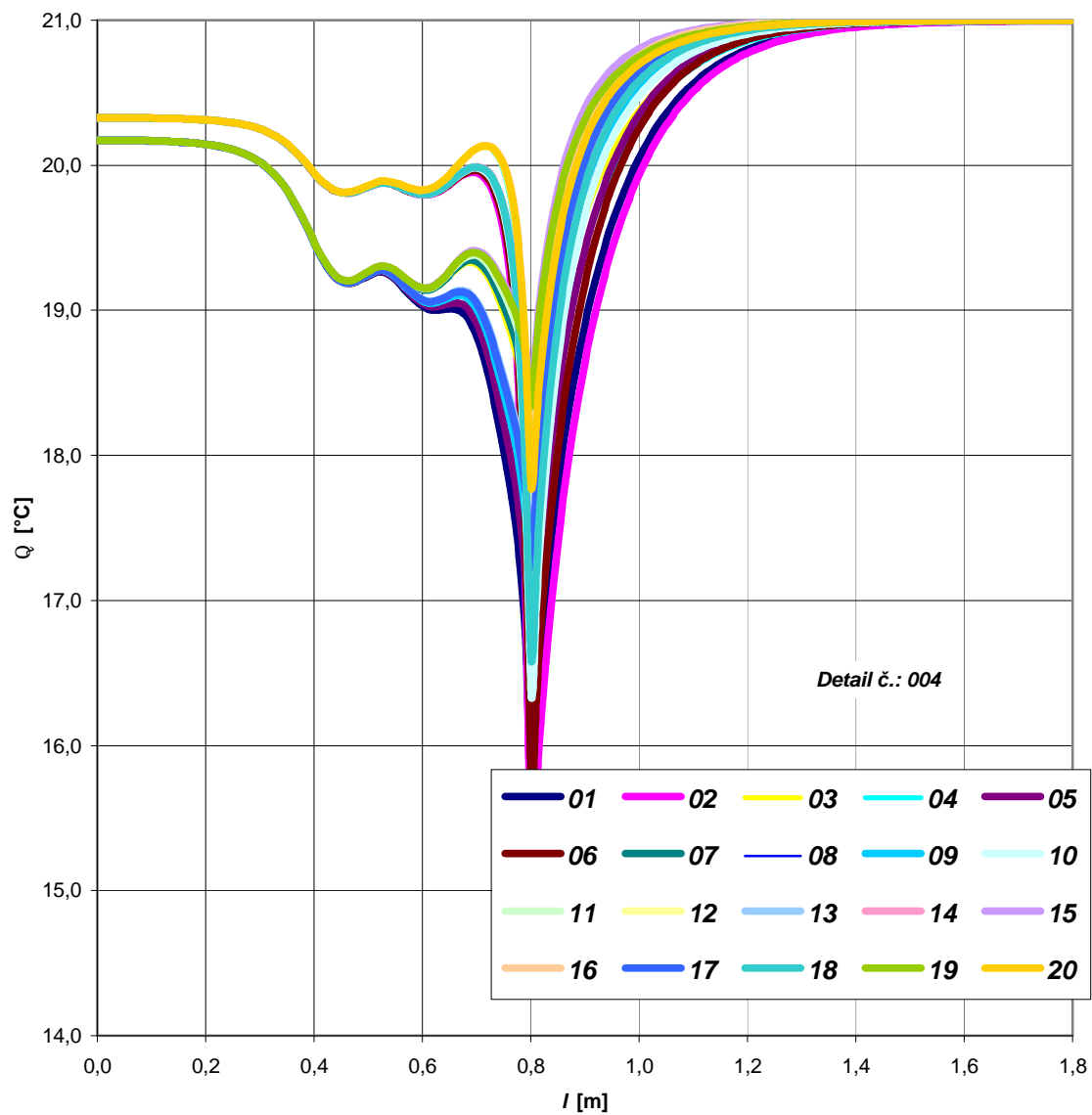
Schématický obrázek detailu 04



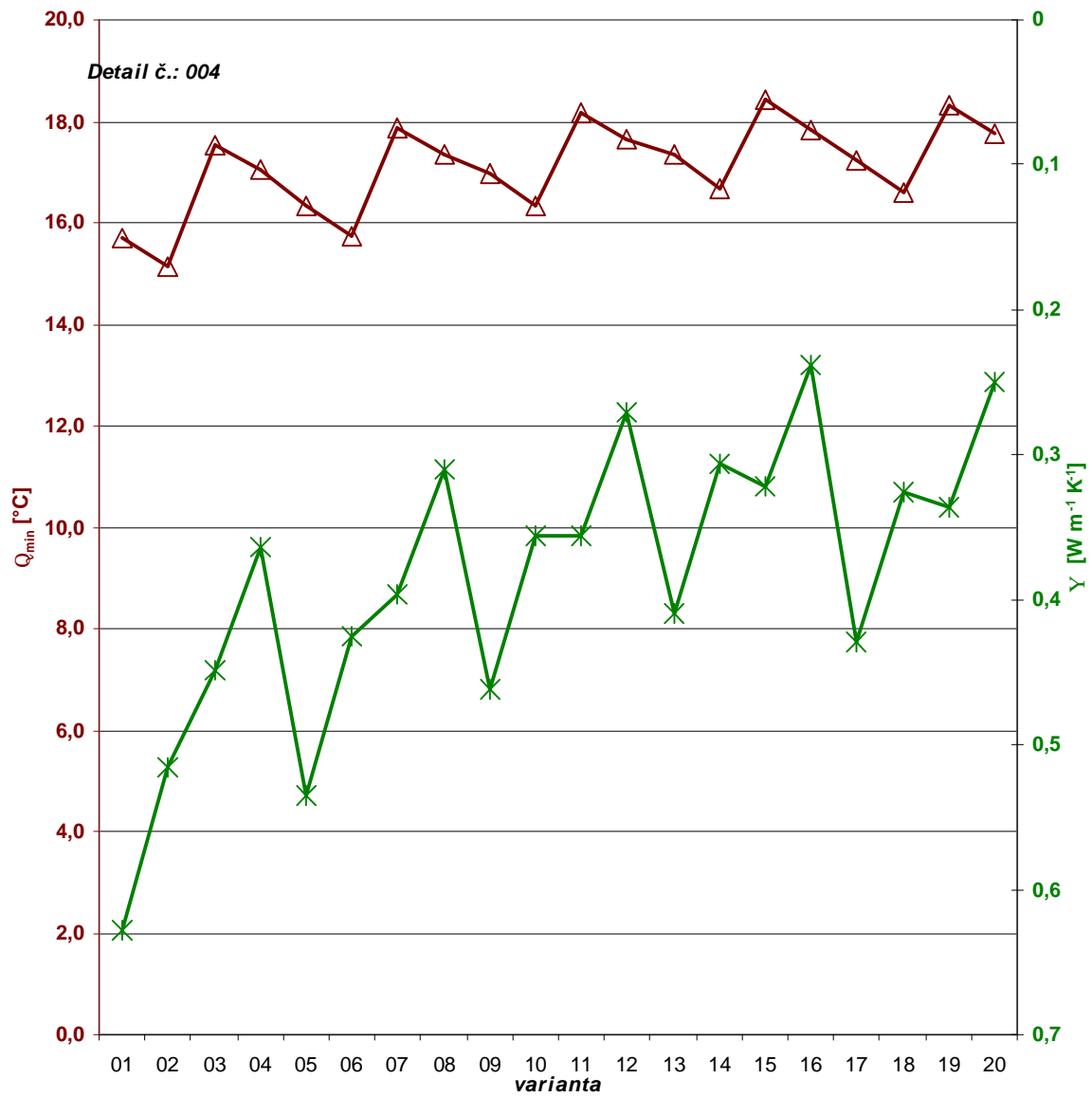
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

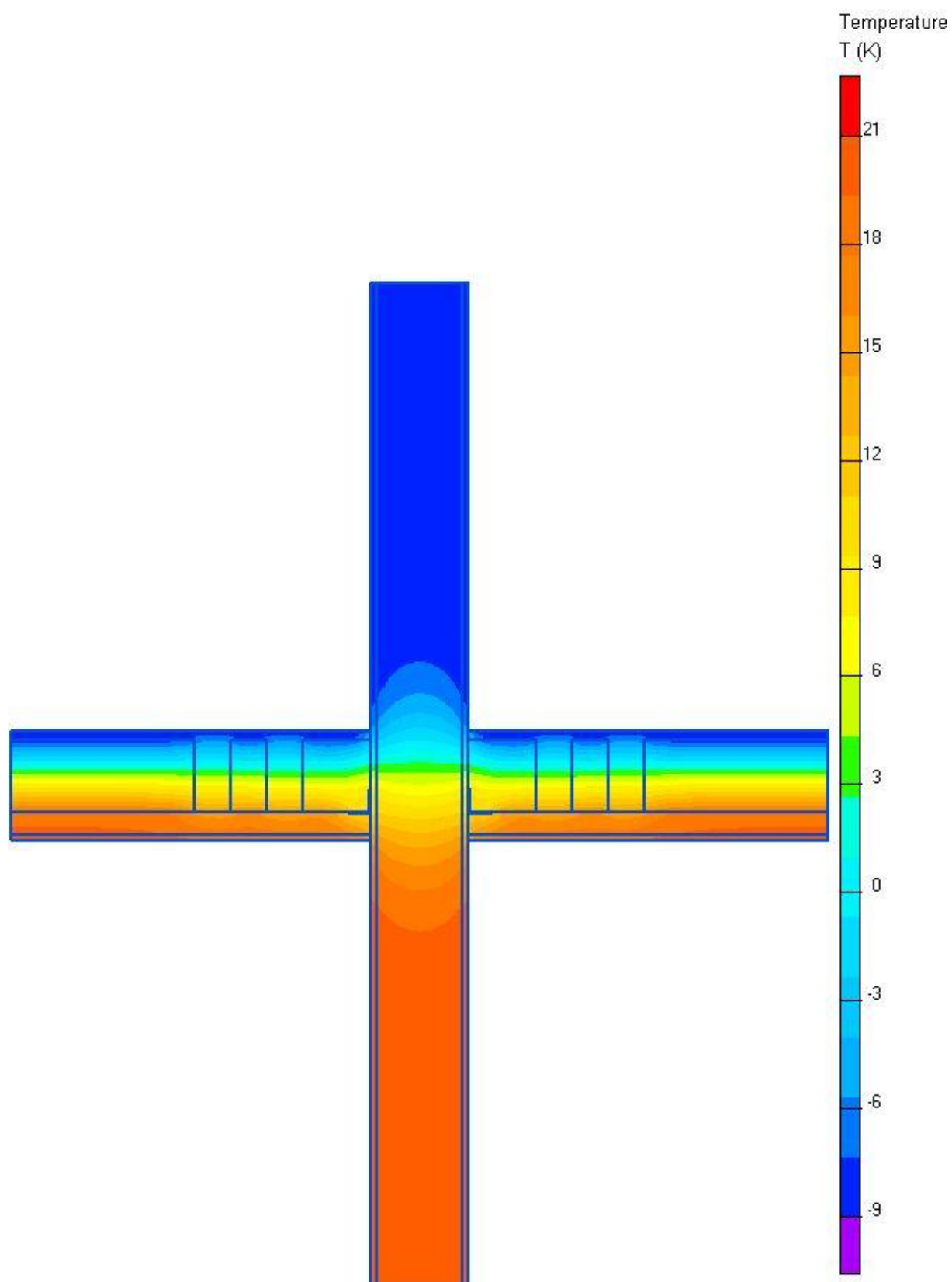
004 Průchod stěny tepelnou izolací v podkroví					
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)			Y	Q_{si,min}
	zdivo	A	B	W m⁻¹ K⁻¹	°C
01	Therm 190 ANIZOTROPNÍ	0	0	0,63	15,69
02	Therm 190 ANIZOTROPNÍ	0	50	0,52	15,12
03	Therm 190 ANIZOTROPNÍ	50	0	0,45	17,54
04	Therm 190 ANIZOTROPNÍ	50	50	0,36	17,05
05	Therm 240	0	0	0,54	16,33
06	Therm 240	0	50	0,43	15,73
07	Therm 240	50	0	0,40	17,86
08	Therm 240	50	50	0,31	17,33
09	Therm 300	0	0	0,46	16,97
10	Therm 300	0	50	0,36	16,34
11	Therm 300	50	0	0,36	18,18
12	Therm 300	50	50	0,27	17,63
13	Plynosilikát 240	0	0	0,41	17,34
14	Plynosilikát 240	0	50	0,31	16,68
15	Plynosilikát 240	50	0	0,32	18,42
16	Plynosilikát 240	50	50	0,24	17,85
17	Plynosilikát 300	0	0	0,43	17,23
18	Plynosilikát 300	0	50	0,33	16,58
19	Plynosilikát 300	50	0	0,34	18,34
20	Plynosilikát 300	50	50	0,25	17,77

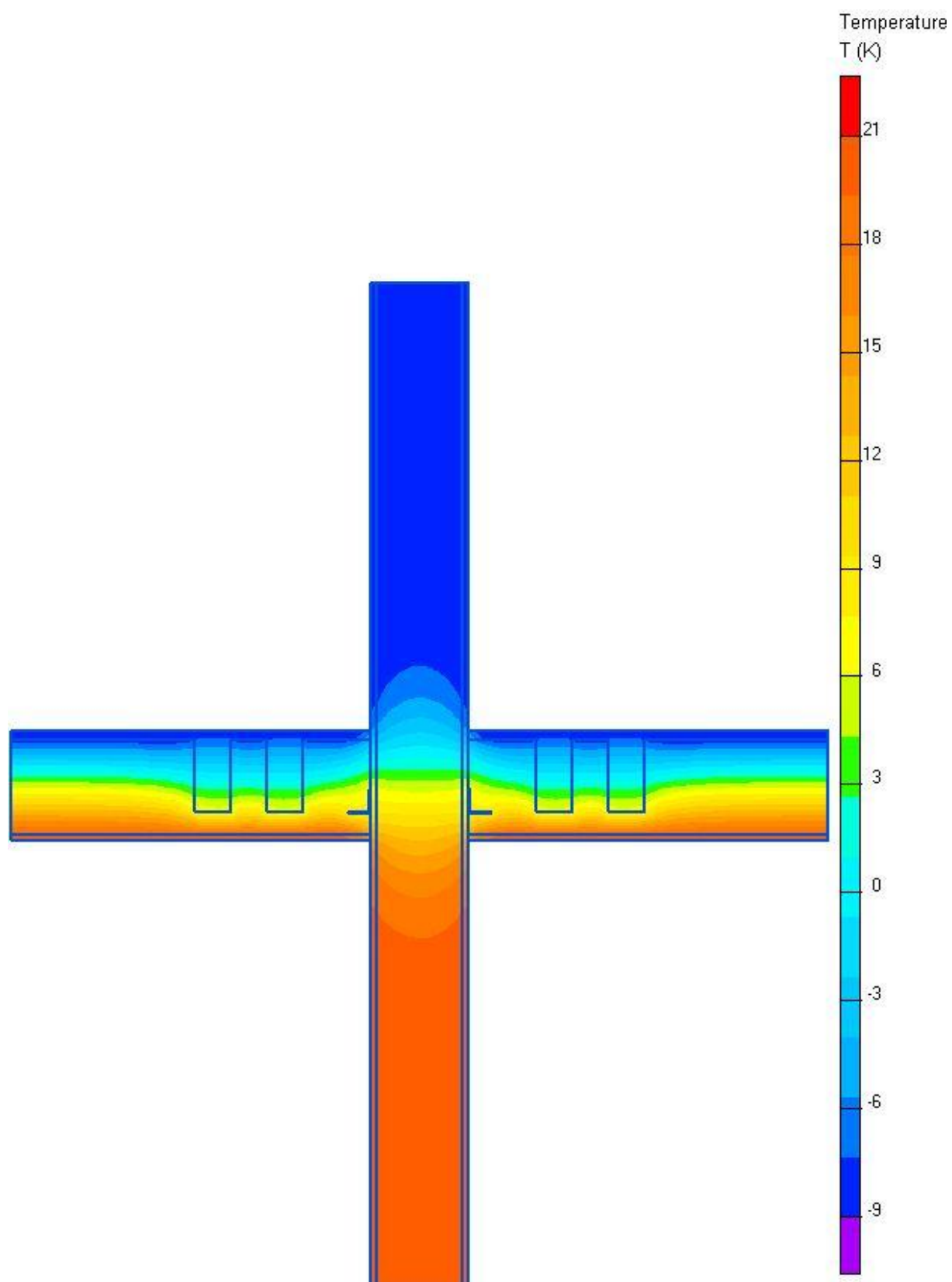
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

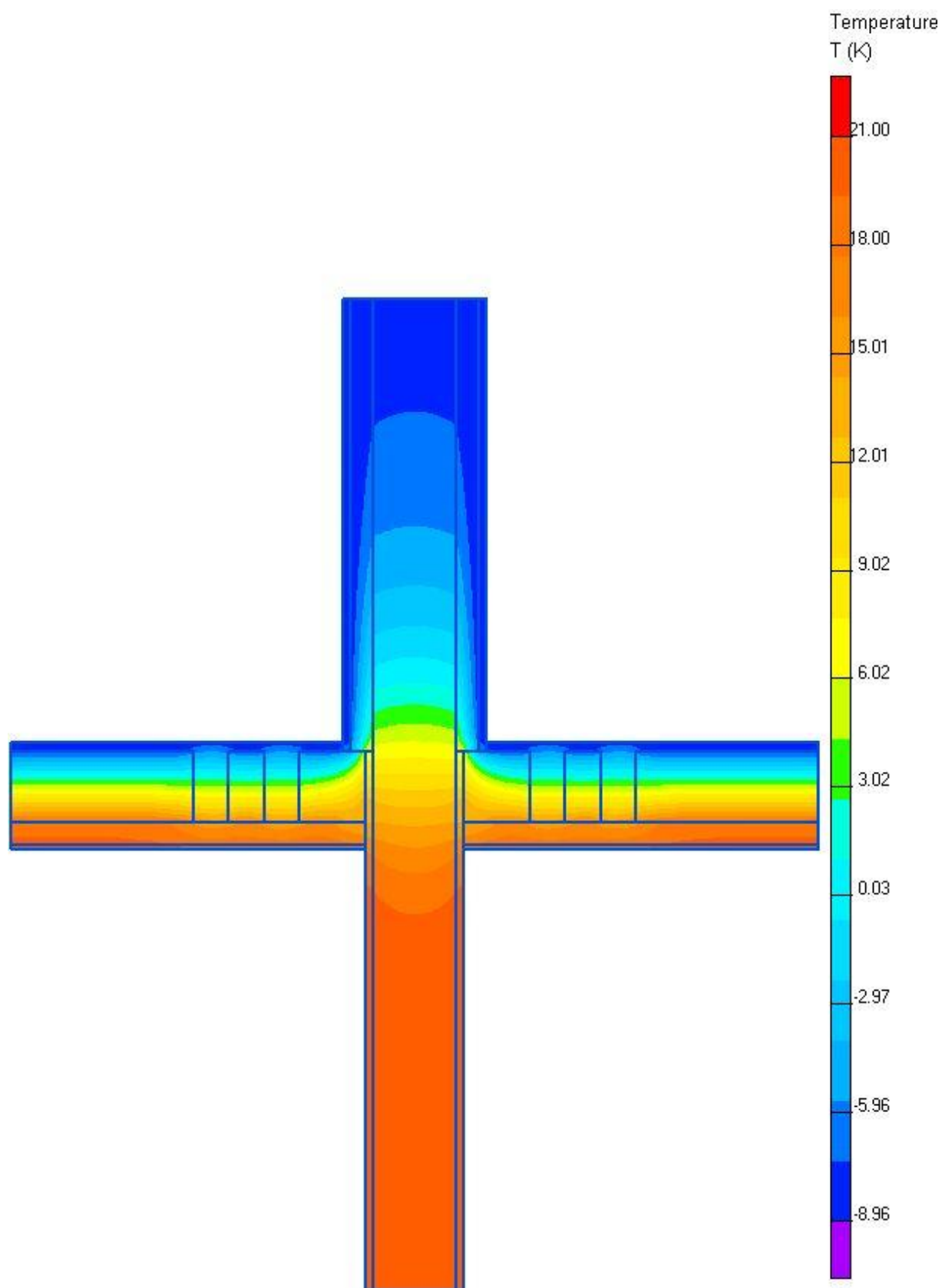


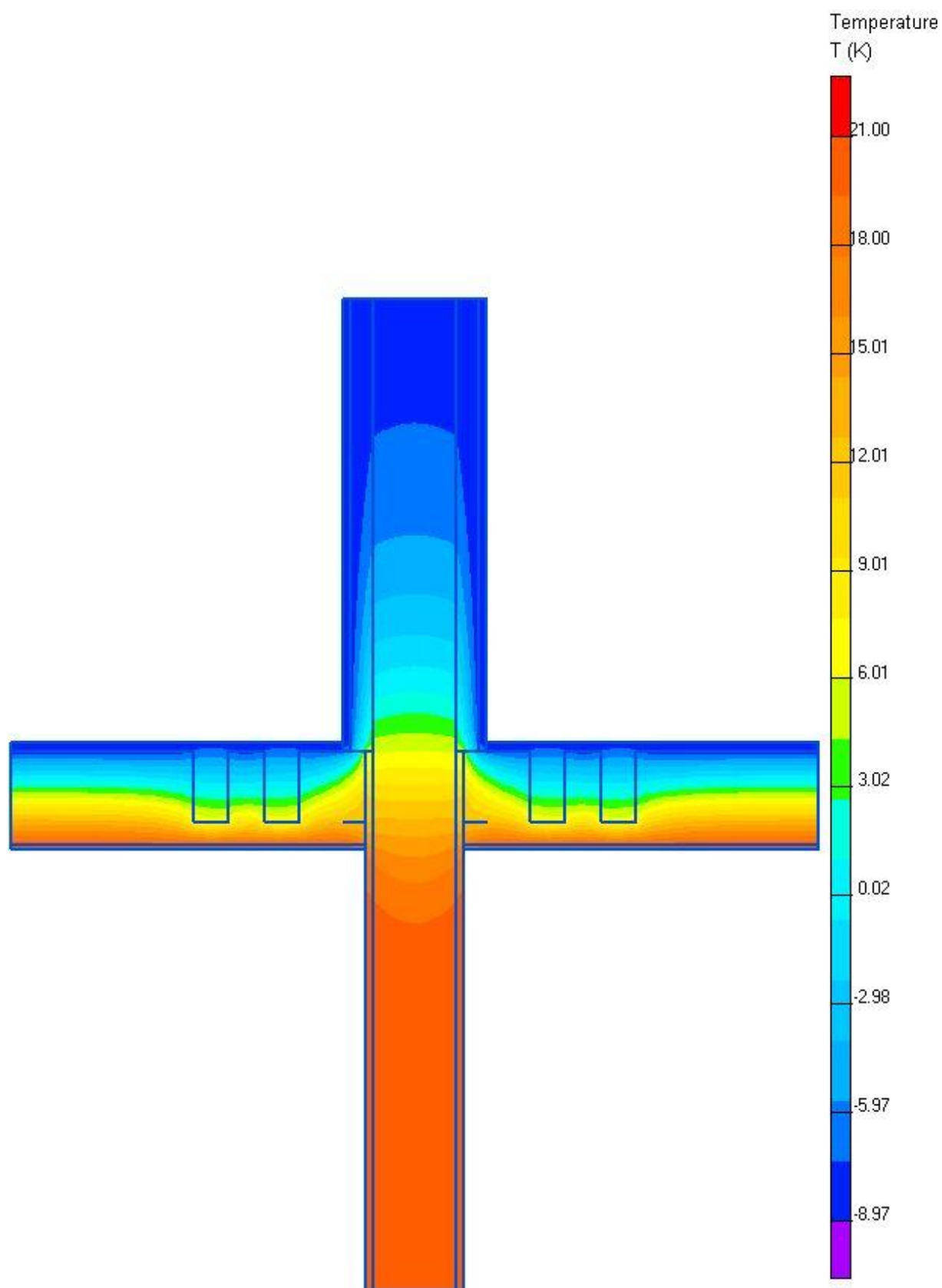
**Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů
tepelné vodivosti**

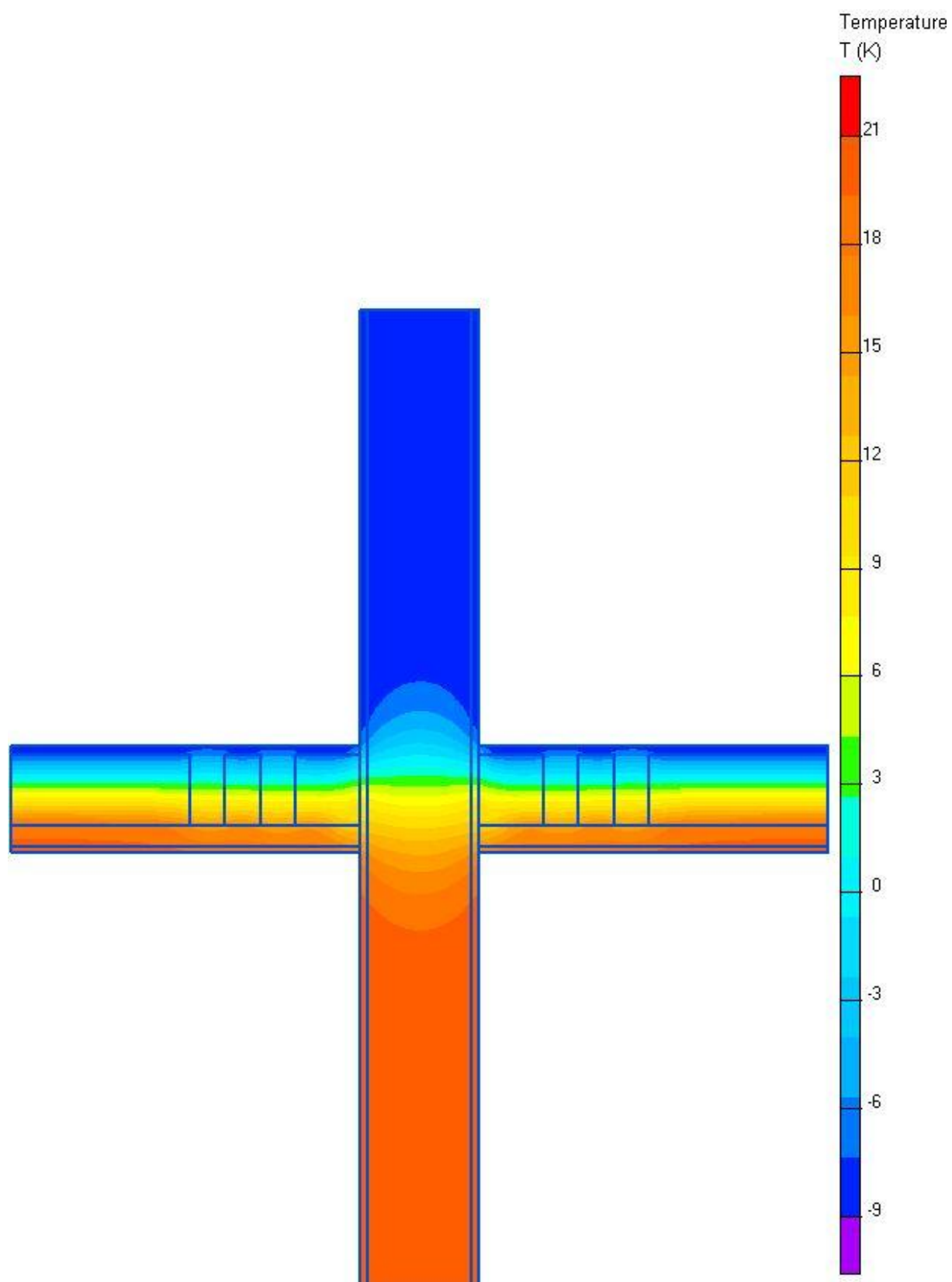


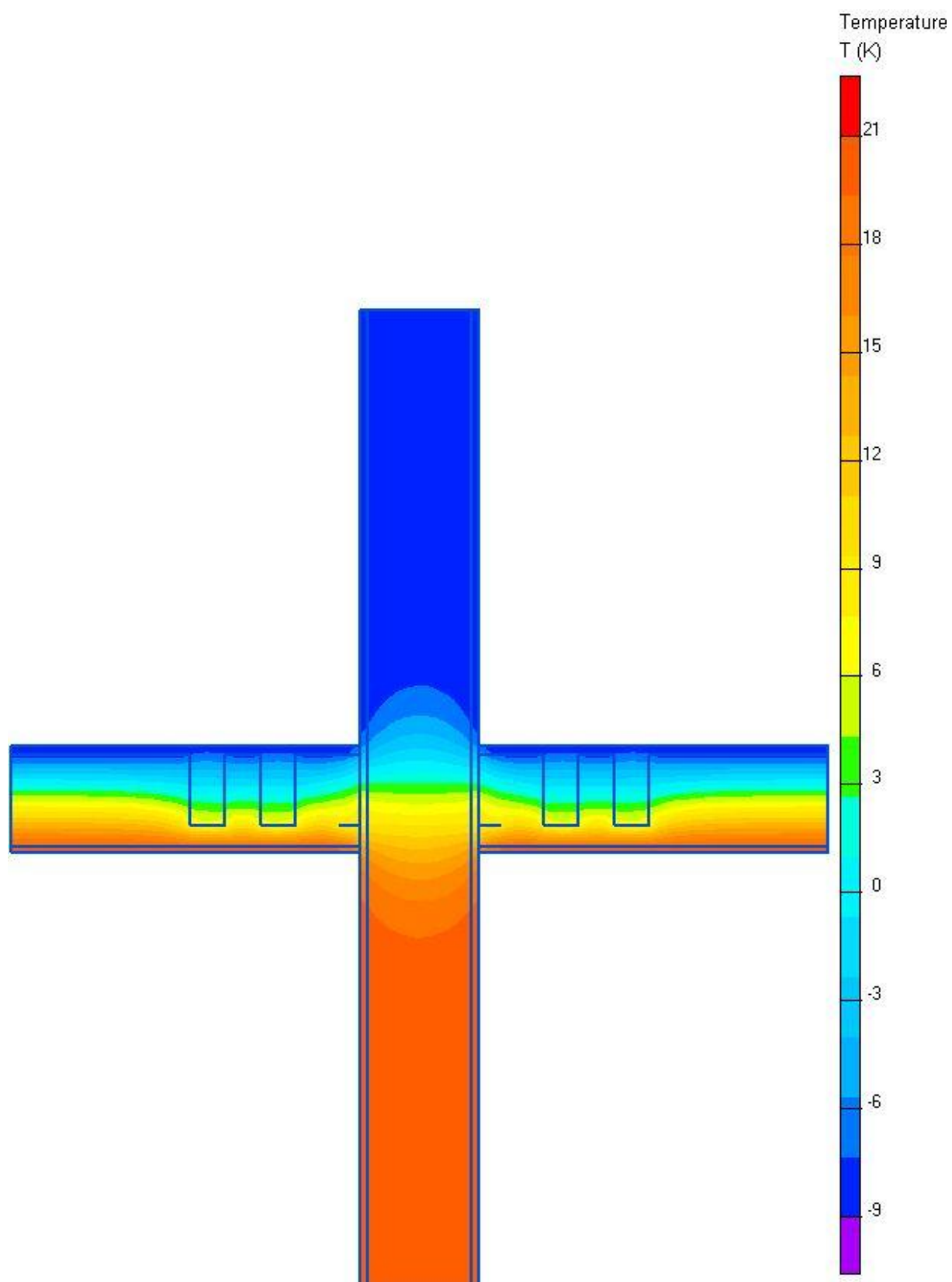


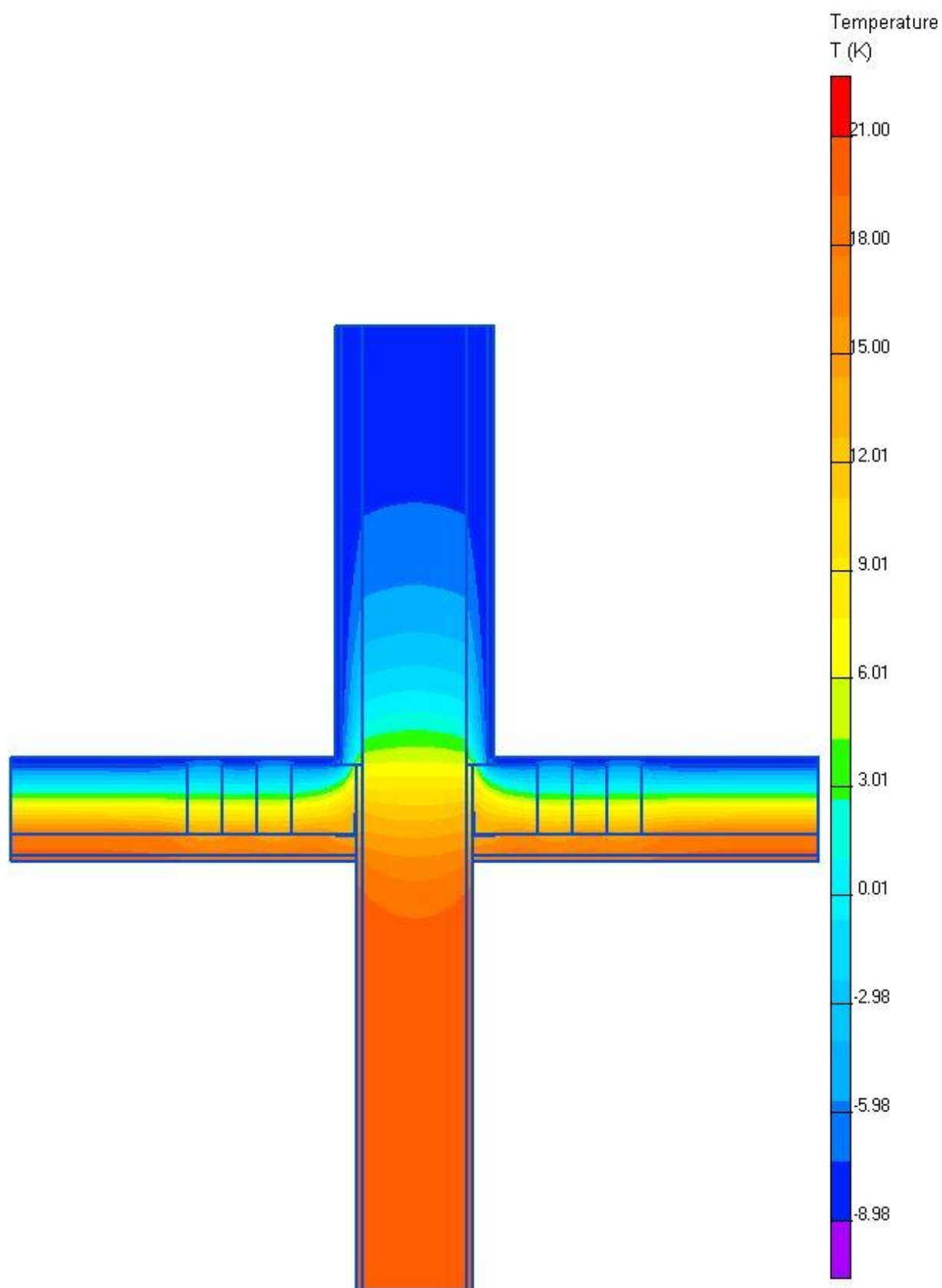


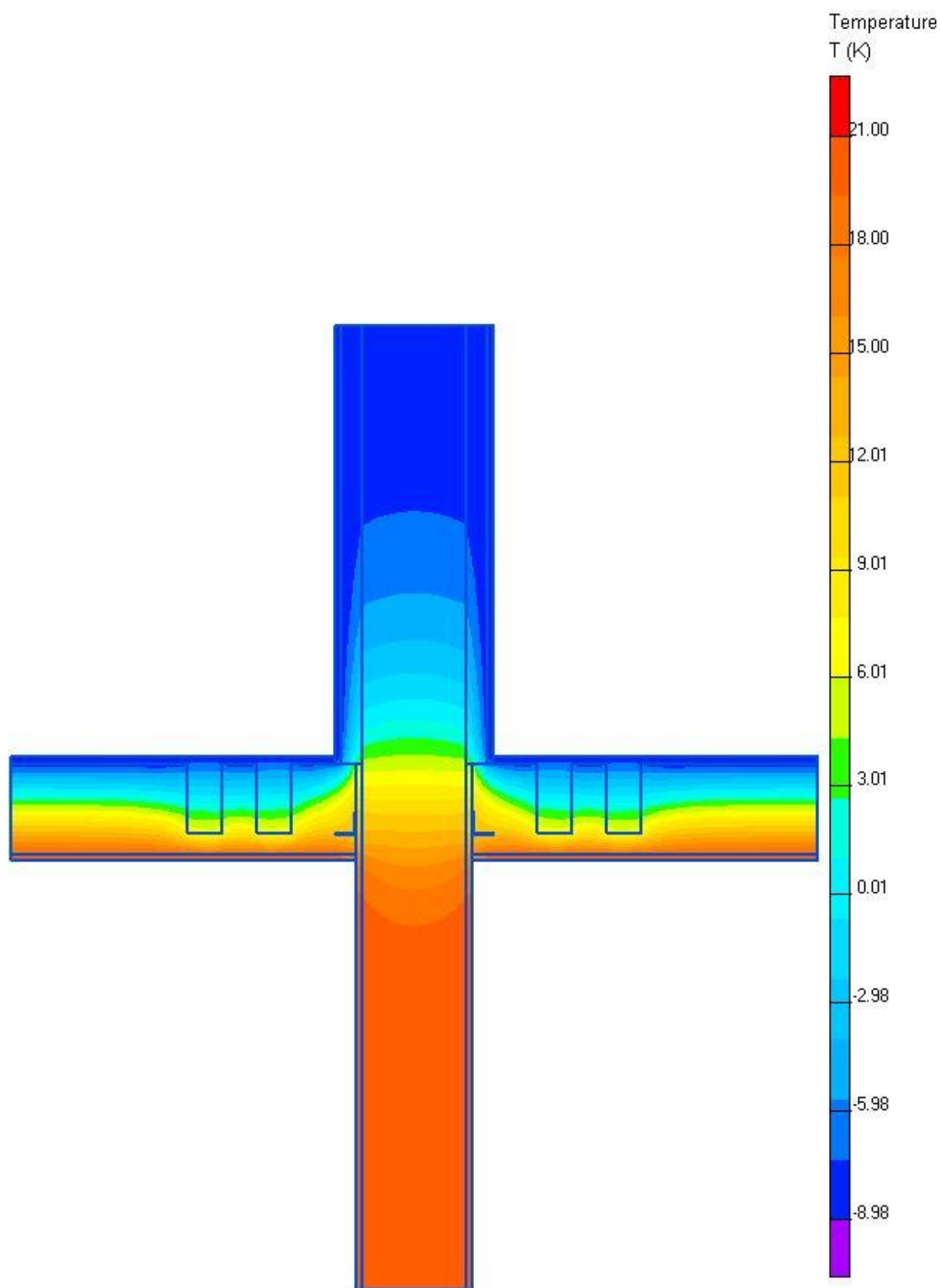


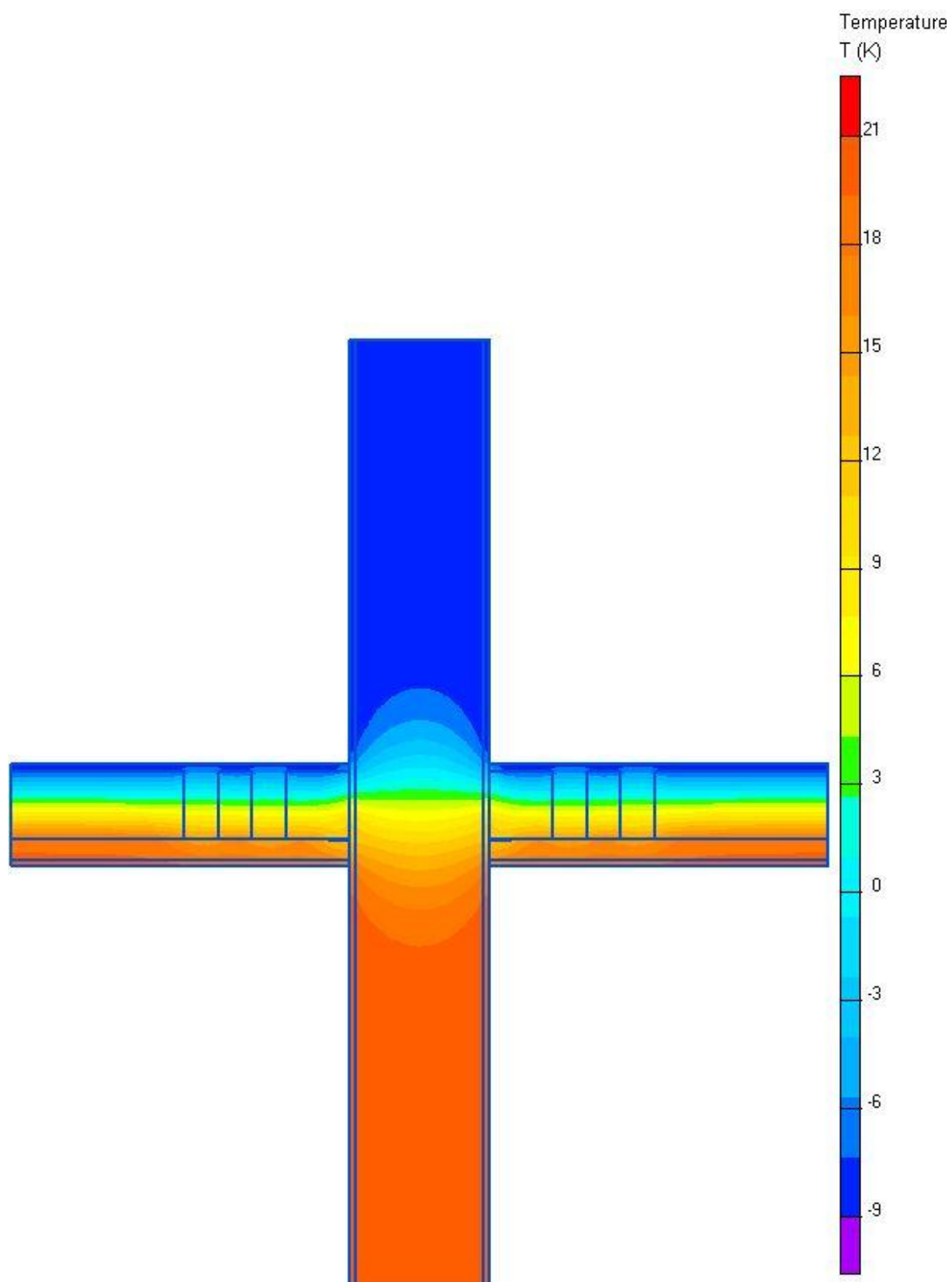


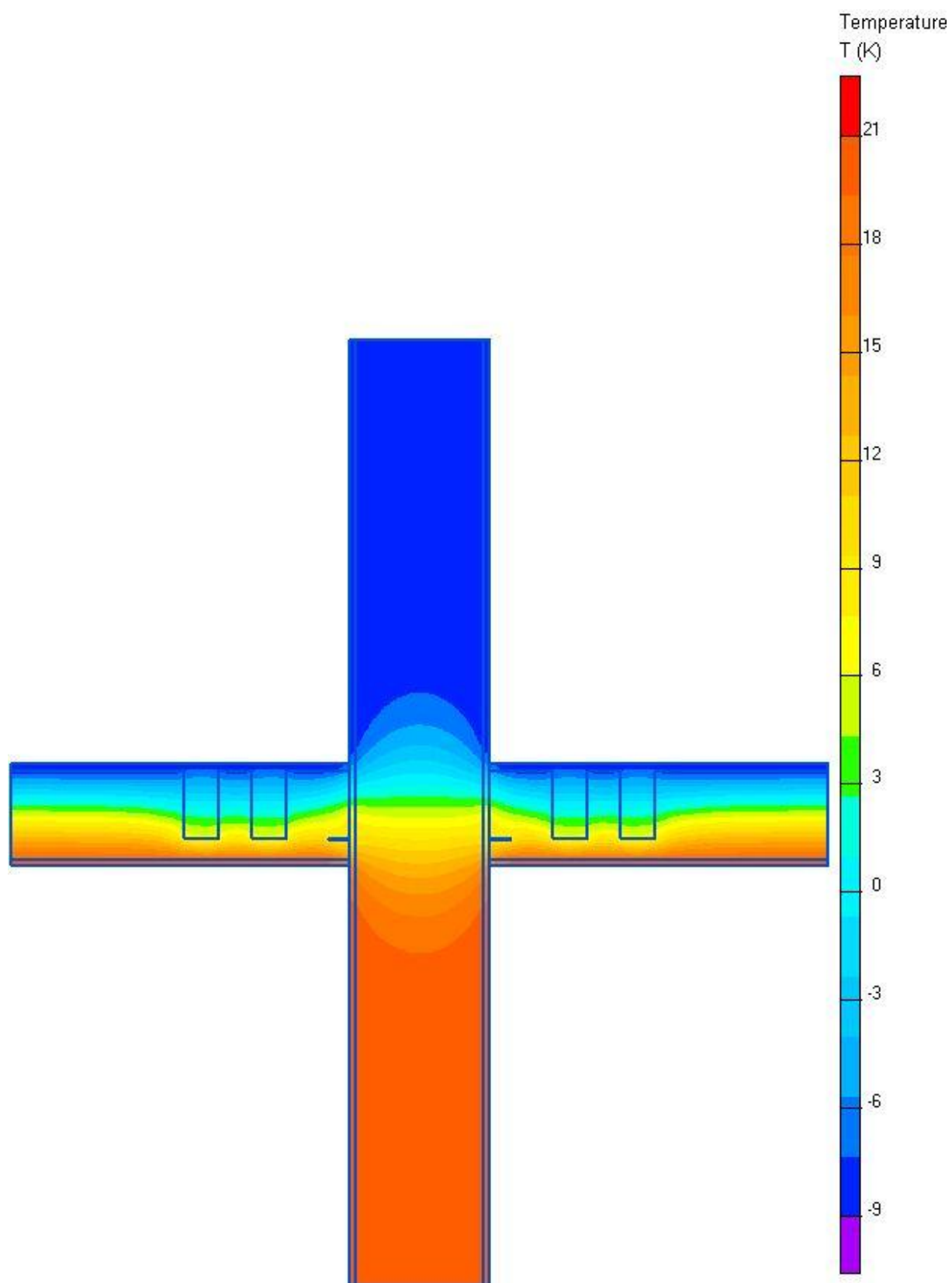


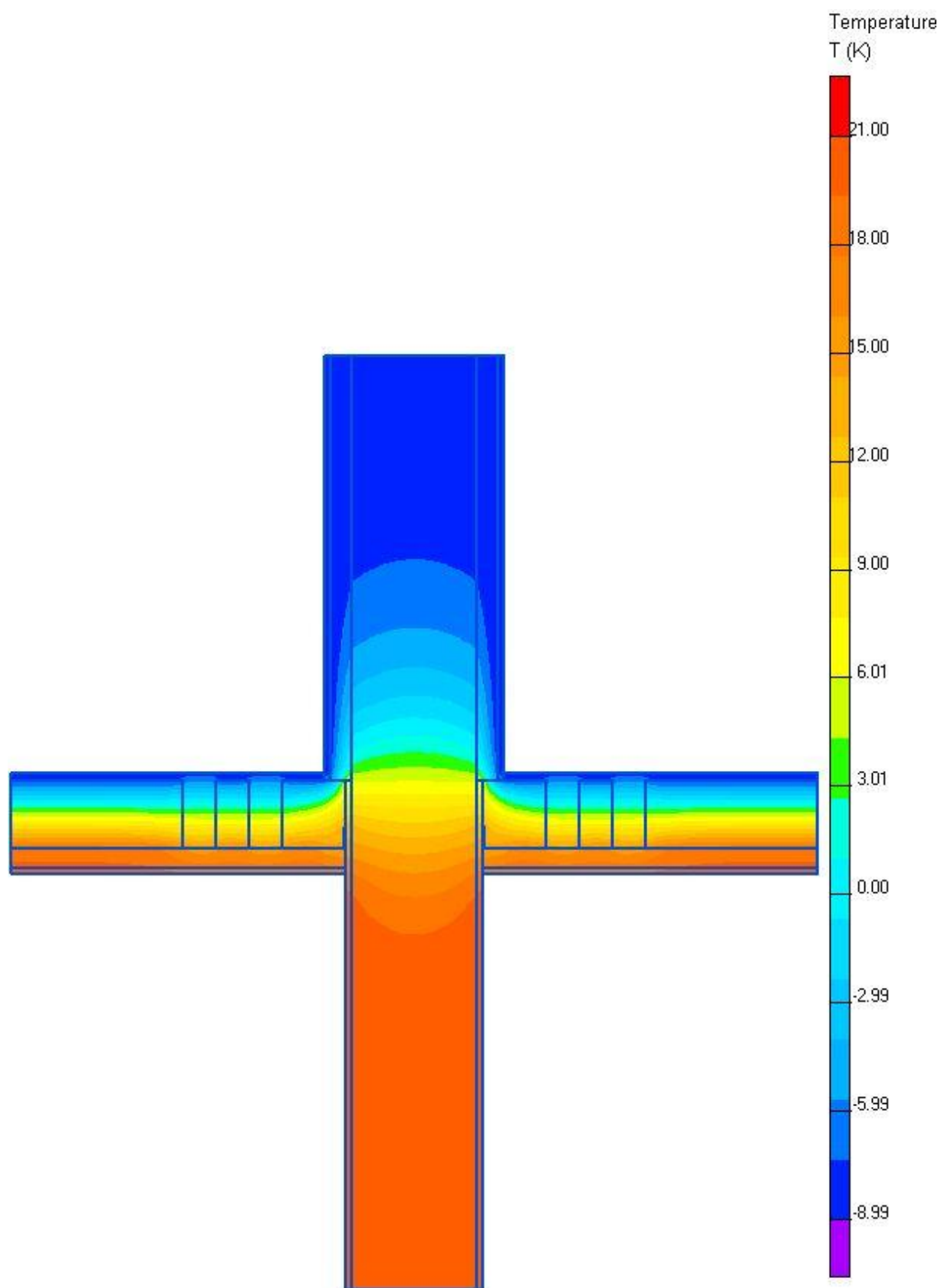


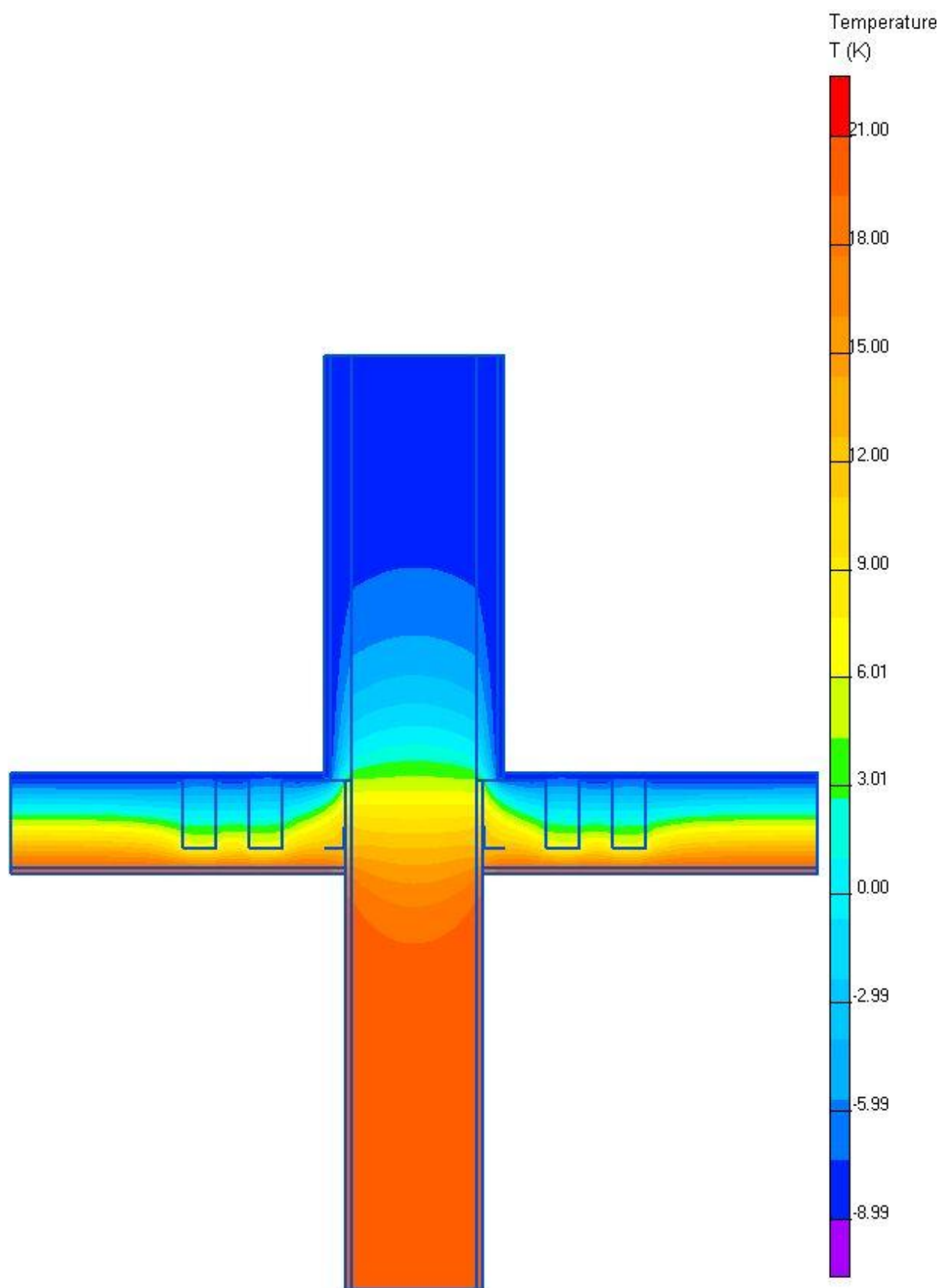


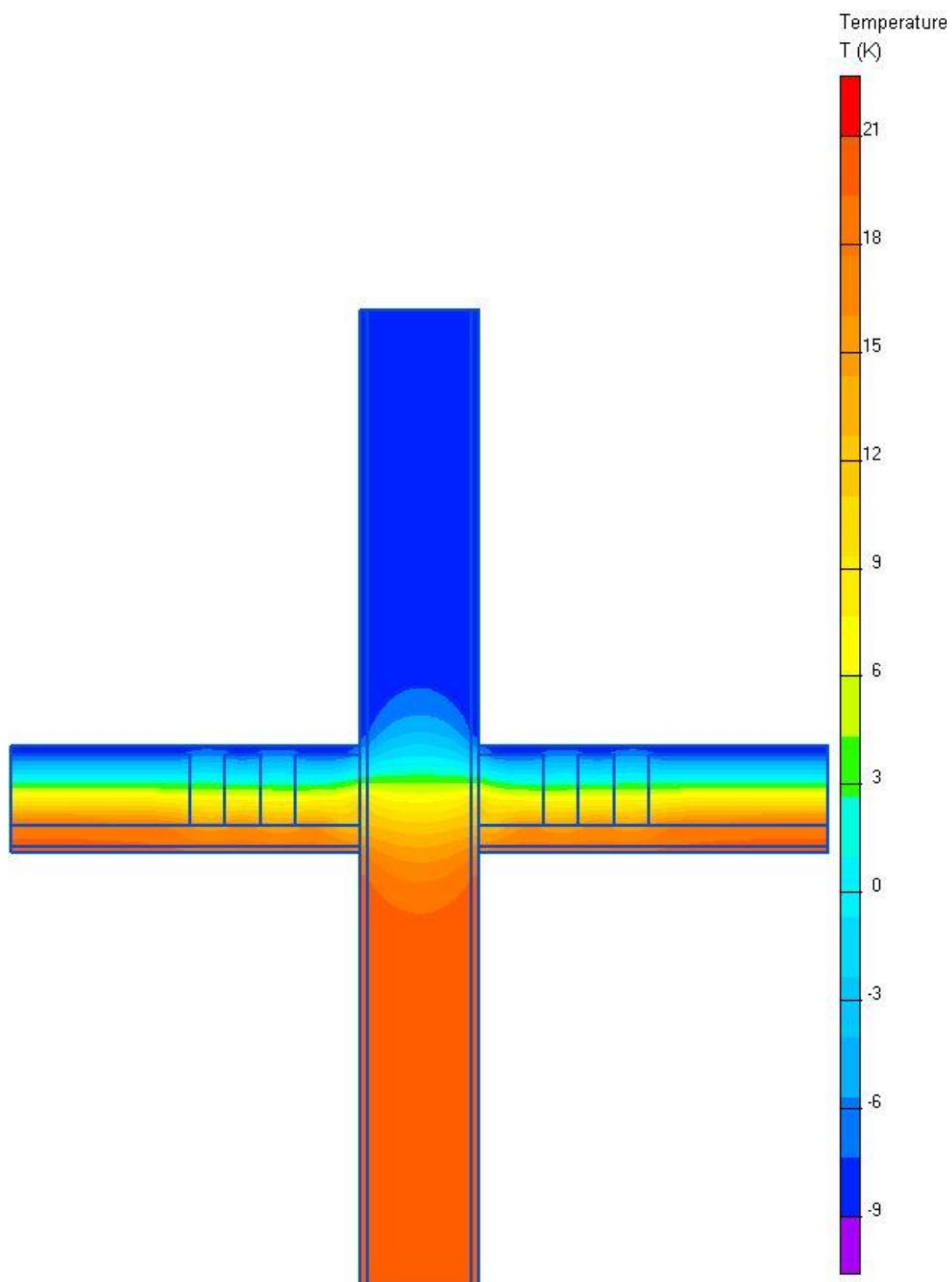


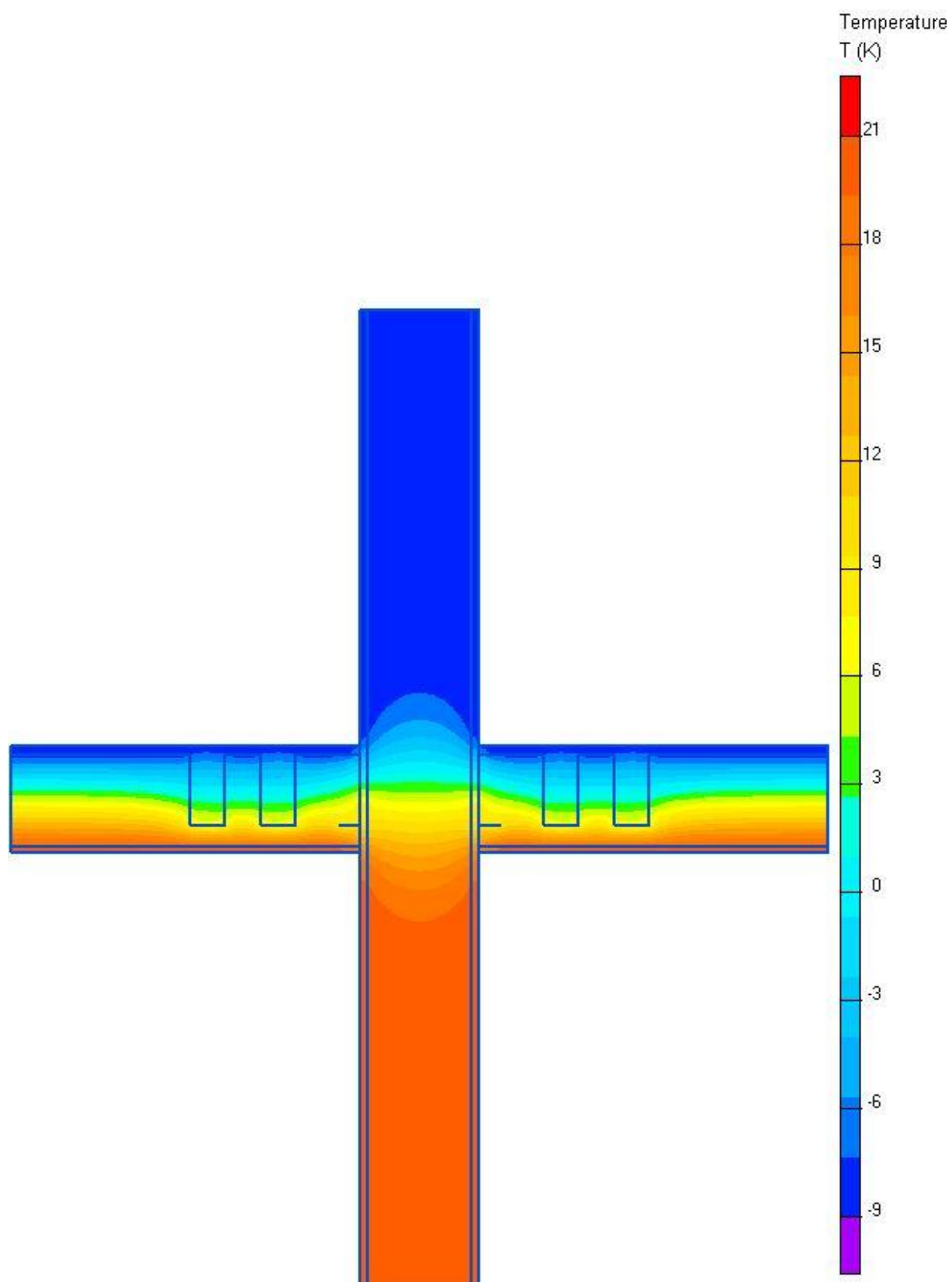


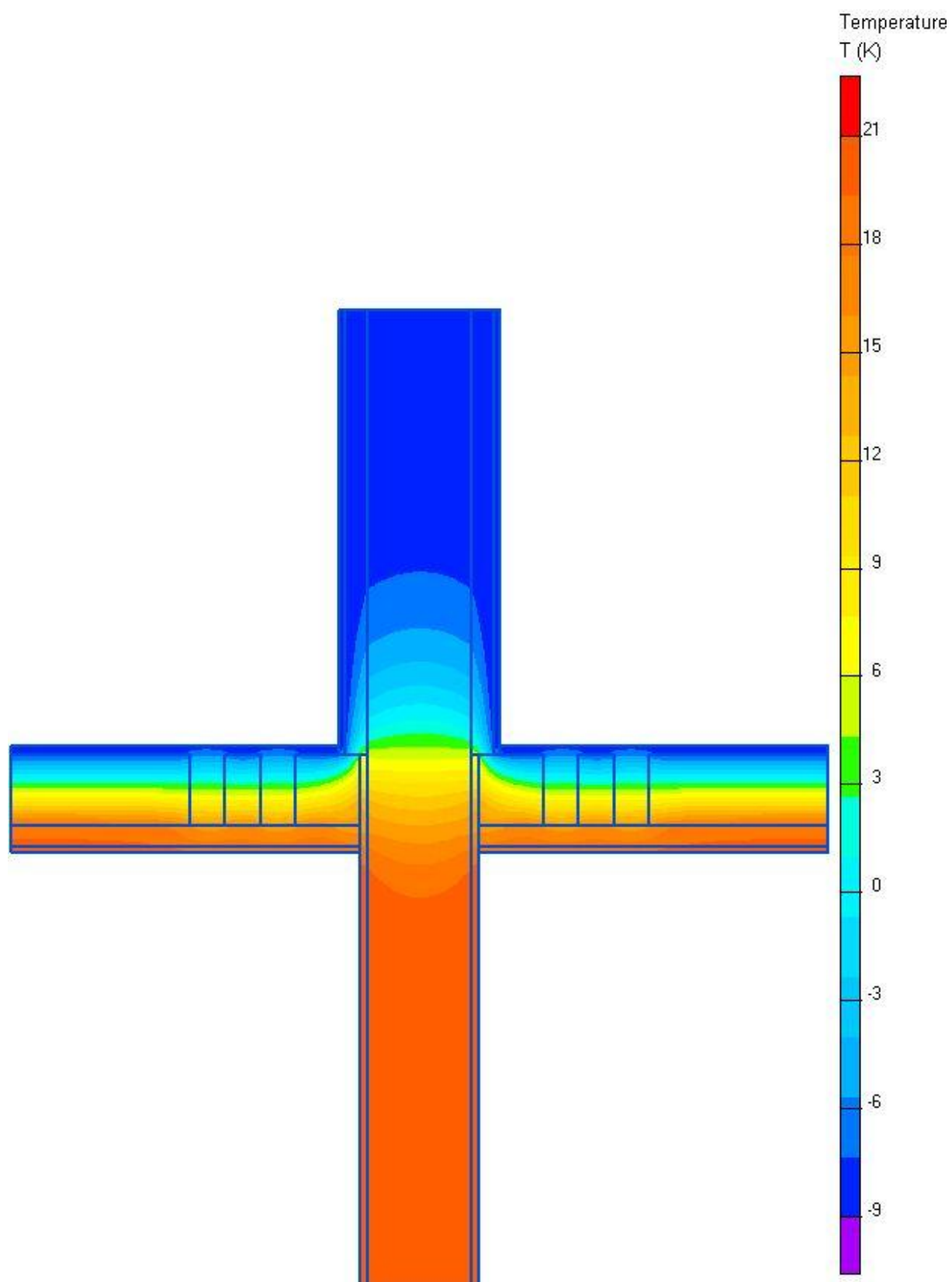


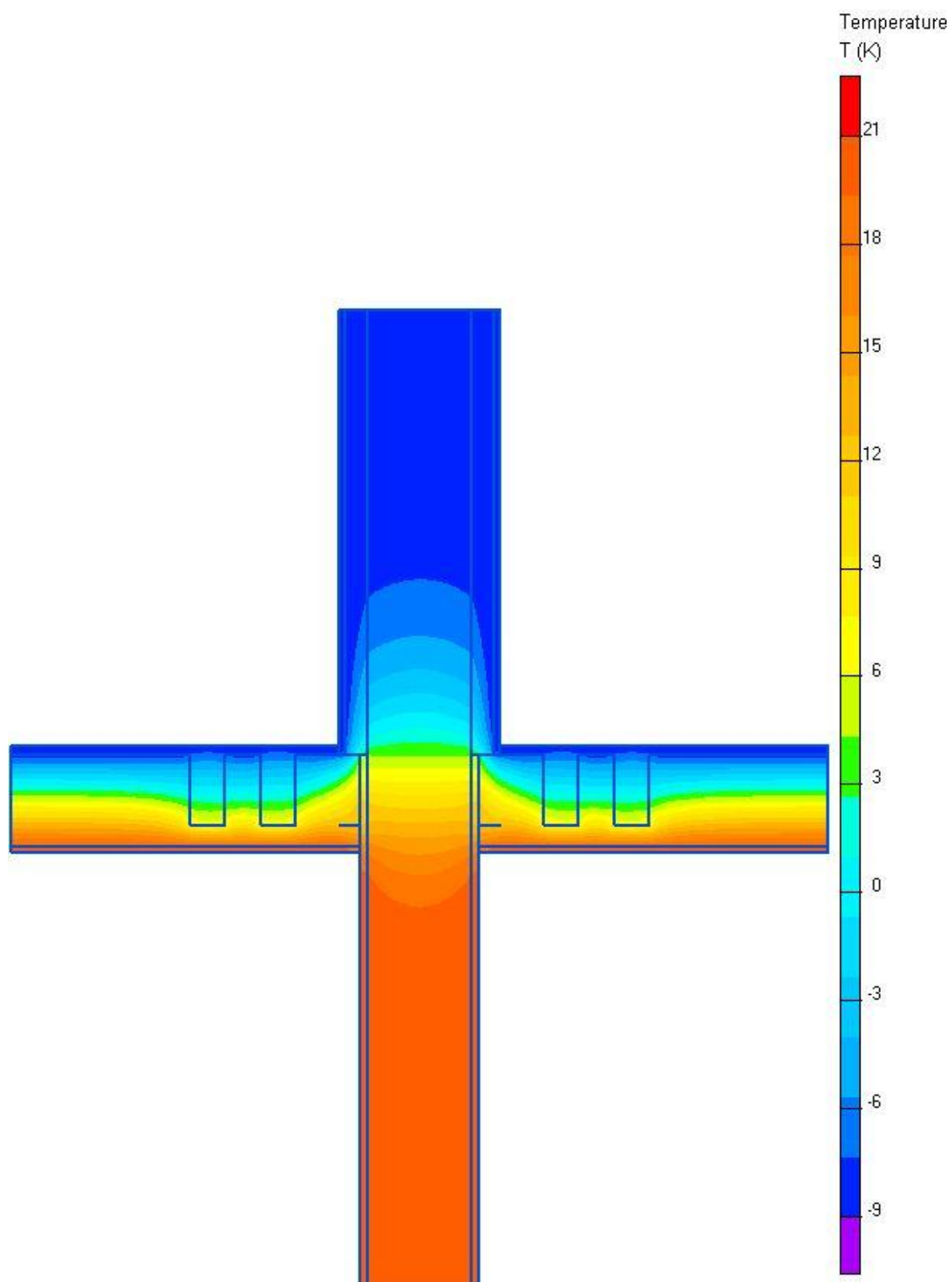


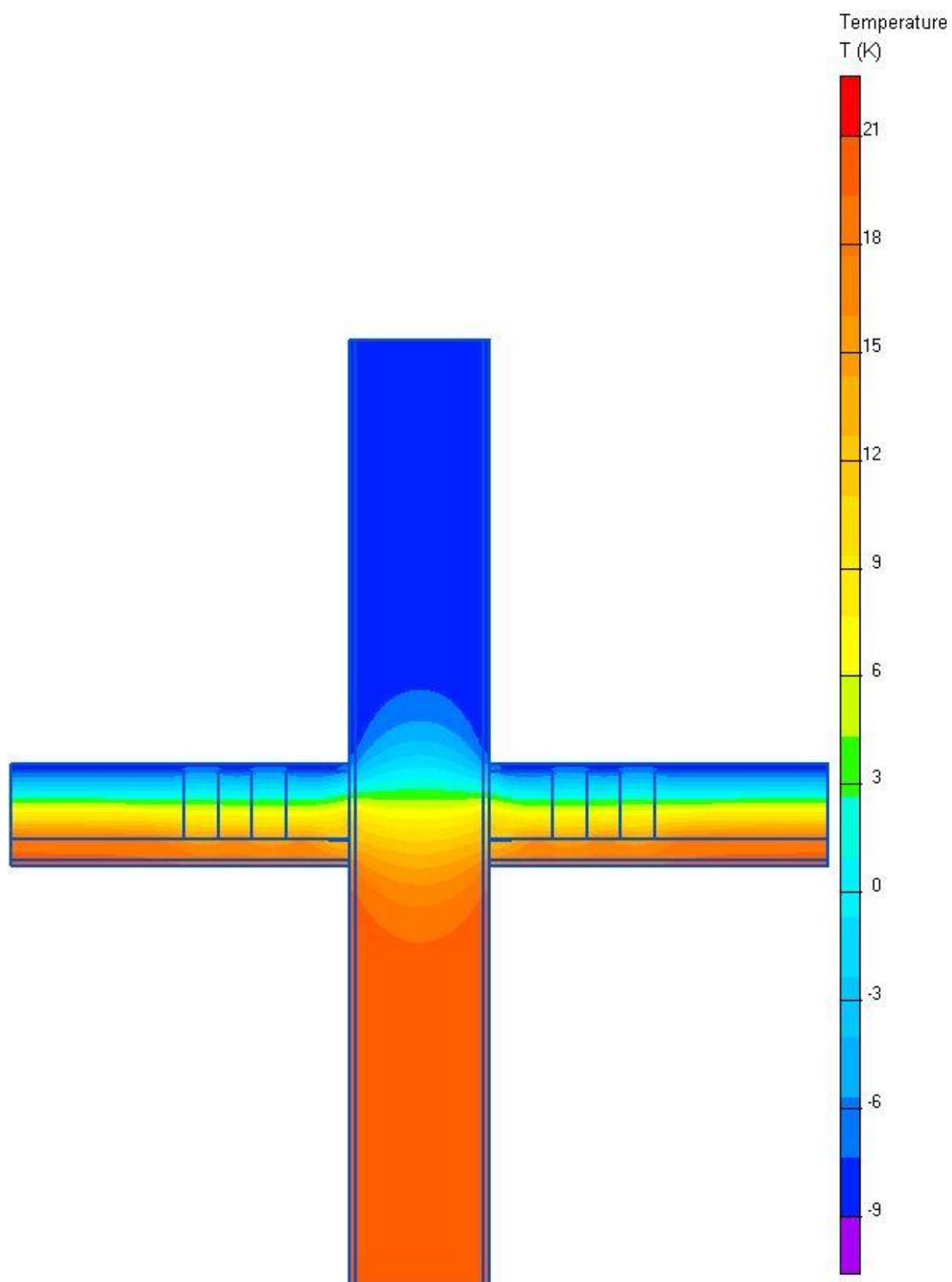


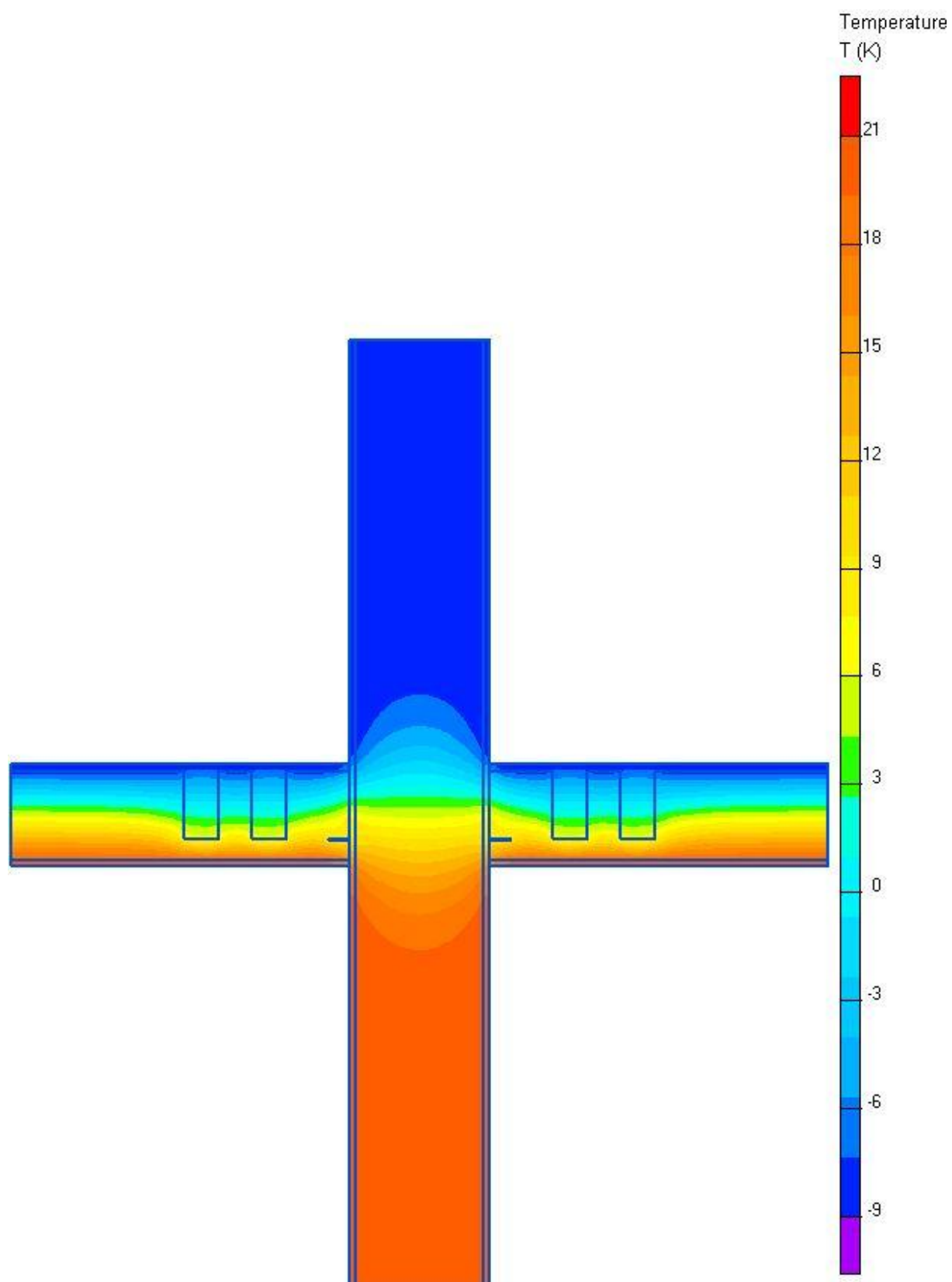


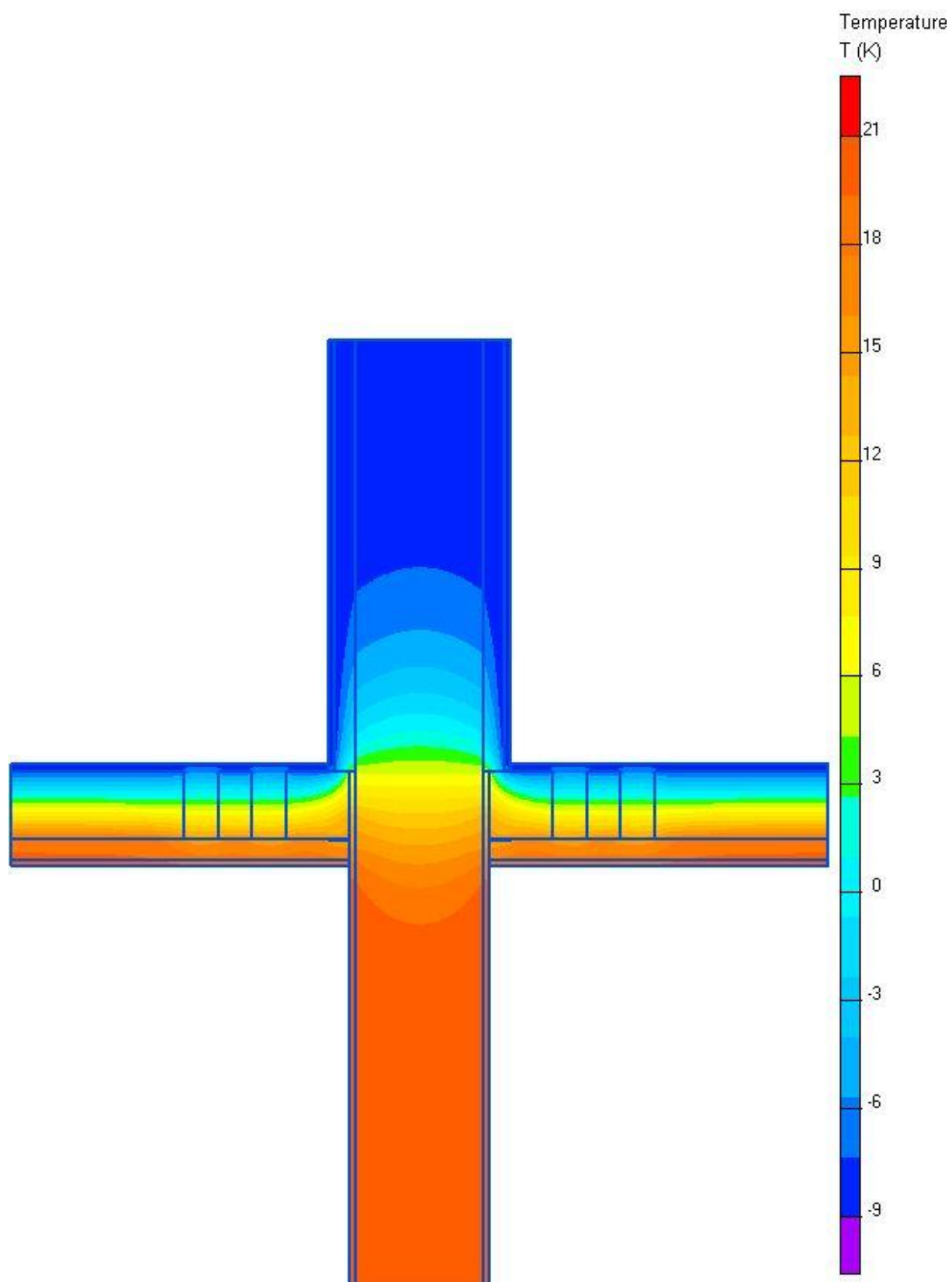


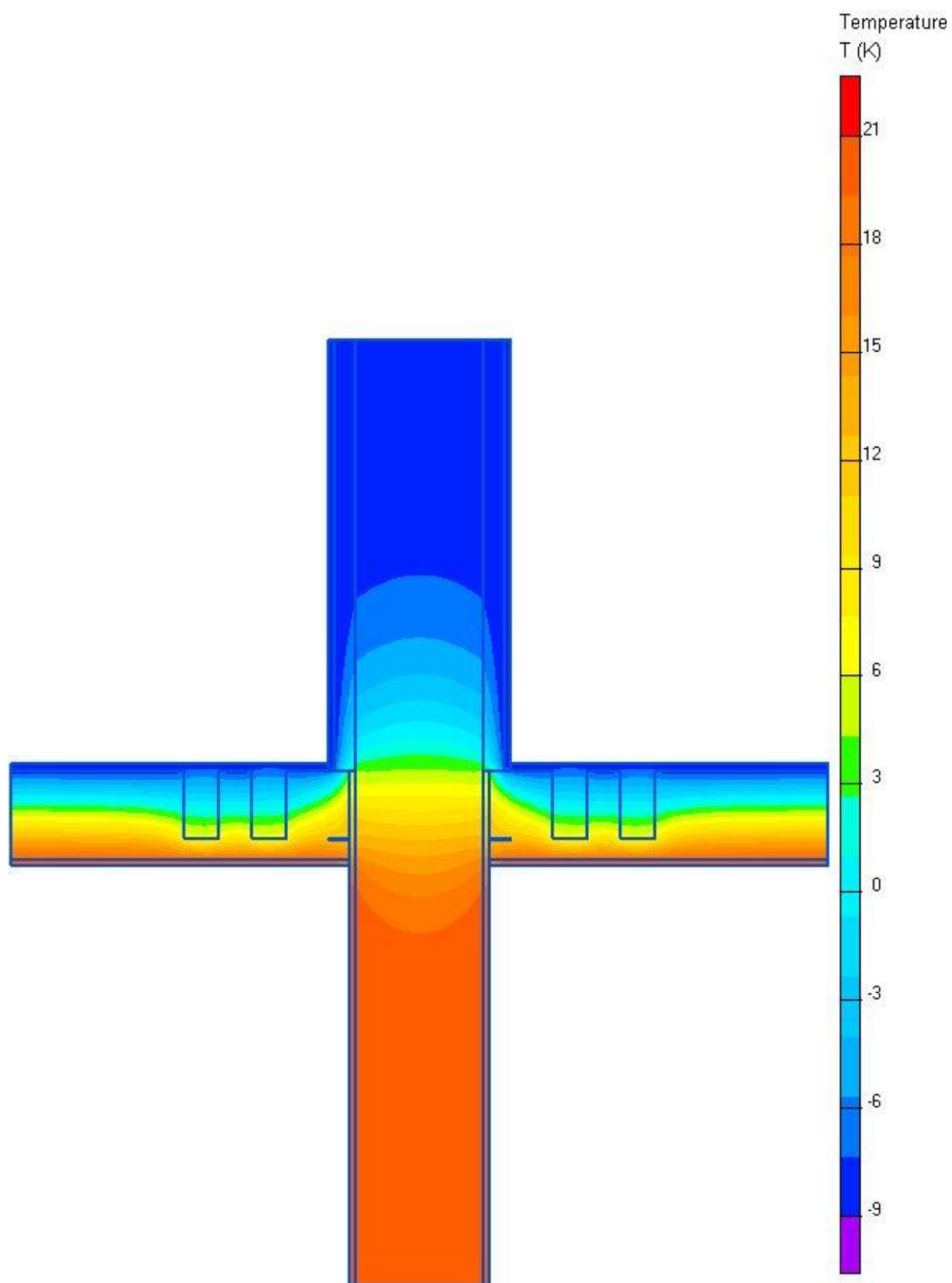












Detail 05

Detail 05 představuje styk dvou plastových oken v rohu. Opět jde o případ z praxe. Původně sice byla navržena dřevěná okna, nicméně kovový profil zde byl již v návrhu domu. Vzhledem k tomu, že jde o komplikovaný detail, neuvádíme zde graf průběhů povrchových teplot, ani výpočet lineárního součinitele tepelné vodivosti.

Detail 05 varianta 01

Zde je jako nosný sloup v rohu mezi okny použit ocelový profil svařený ze dvou válcovaných profilů „U“.

Detail 05 Varianta 02

Stejný detail jako varianta 01, byl proveden obklad sloupku 50 mm EPS.

Detail 05 varianta 03

Stejný detail jako varianta 01, byl proveden obklad sloupku 80 mm EPS.

Detail 05 Varianta 04

Zde je jako nosný sloup v rohu mezi okny dřevěný trám.

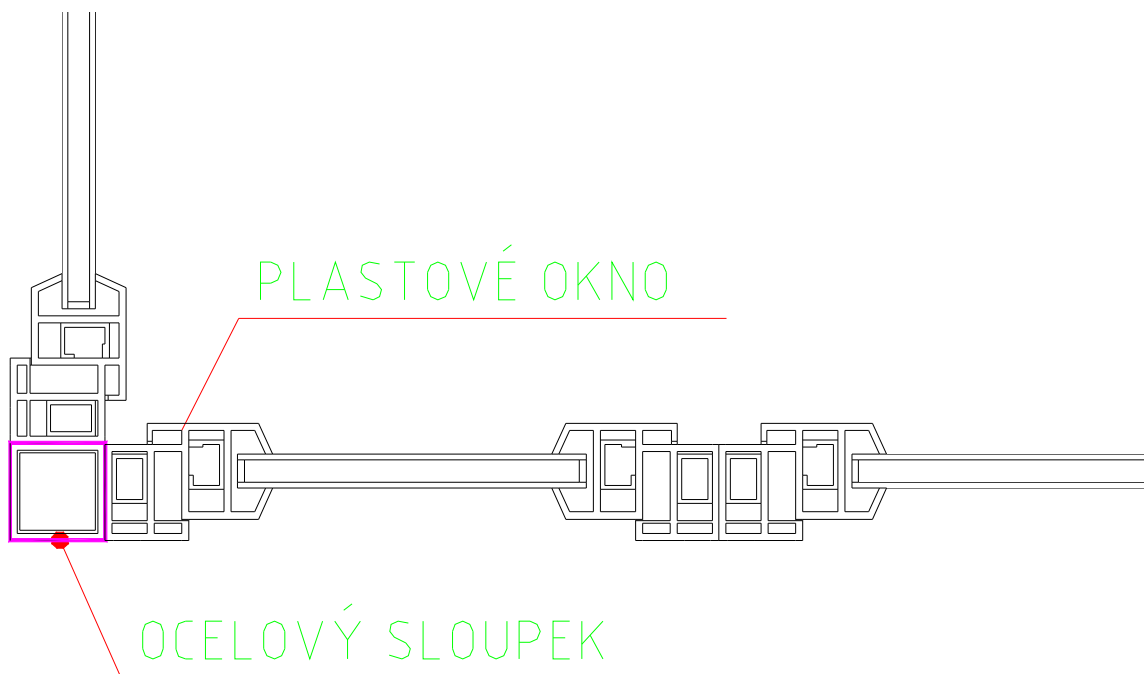
Detail 05 Varianta 05

Stejný detail jako varianta 04, byl proveden obklad sloupku 50 mm EPS.

Detail 05 varianta 06

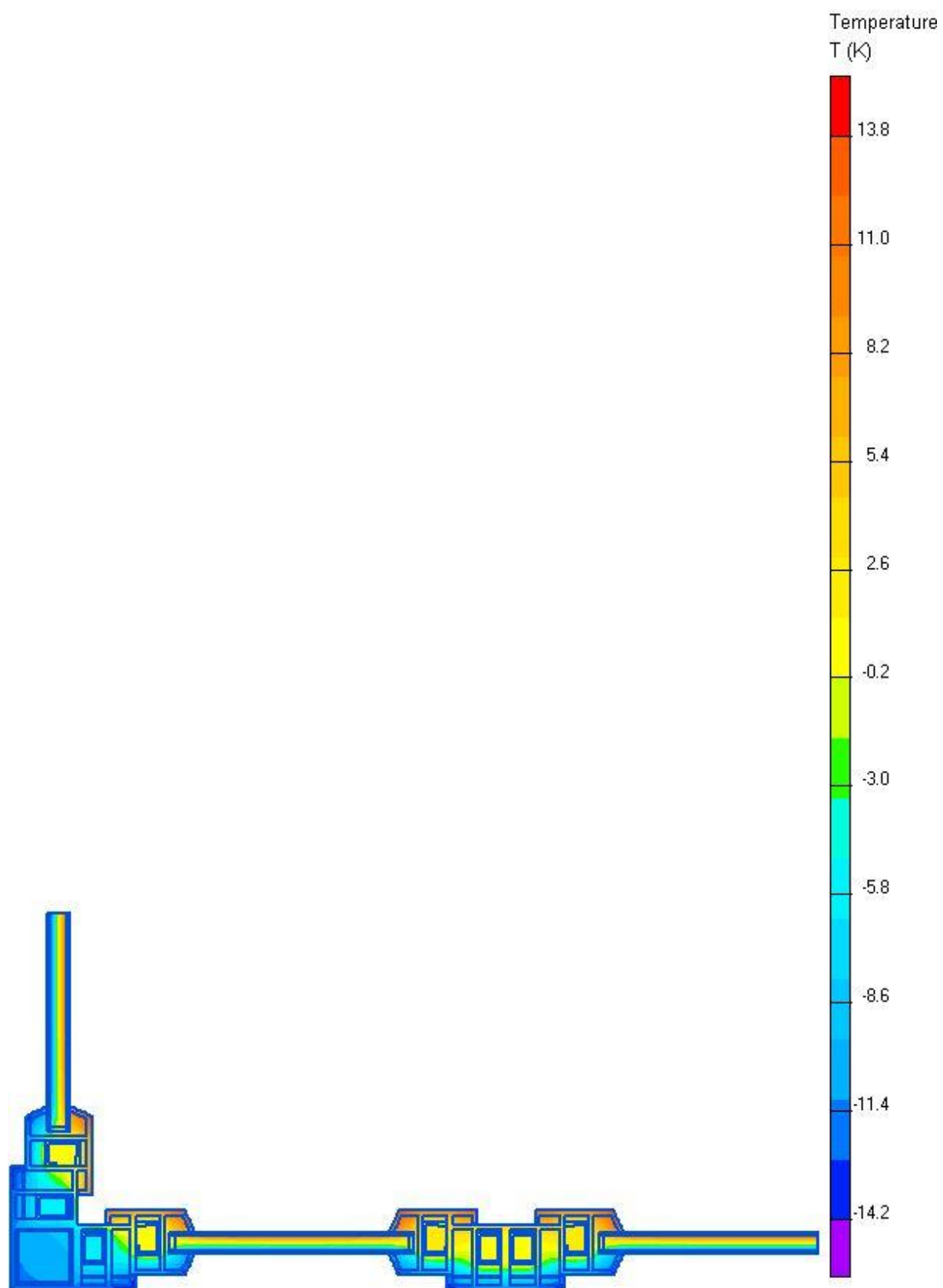
Stejný detail jako varianta 04, byl proveden obklad sloupku 80 mm EPS.

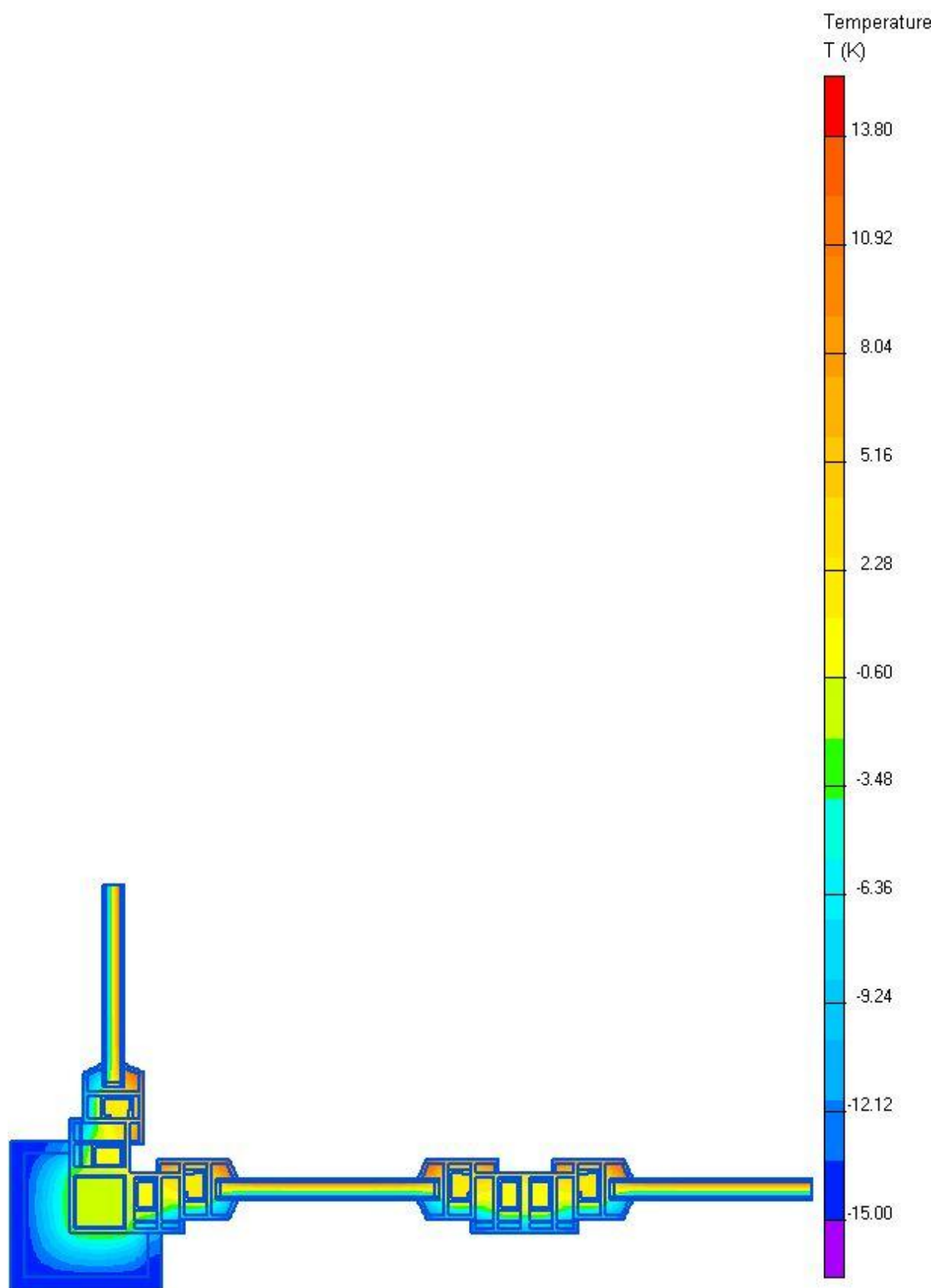
Schématický obrázek detailu 05

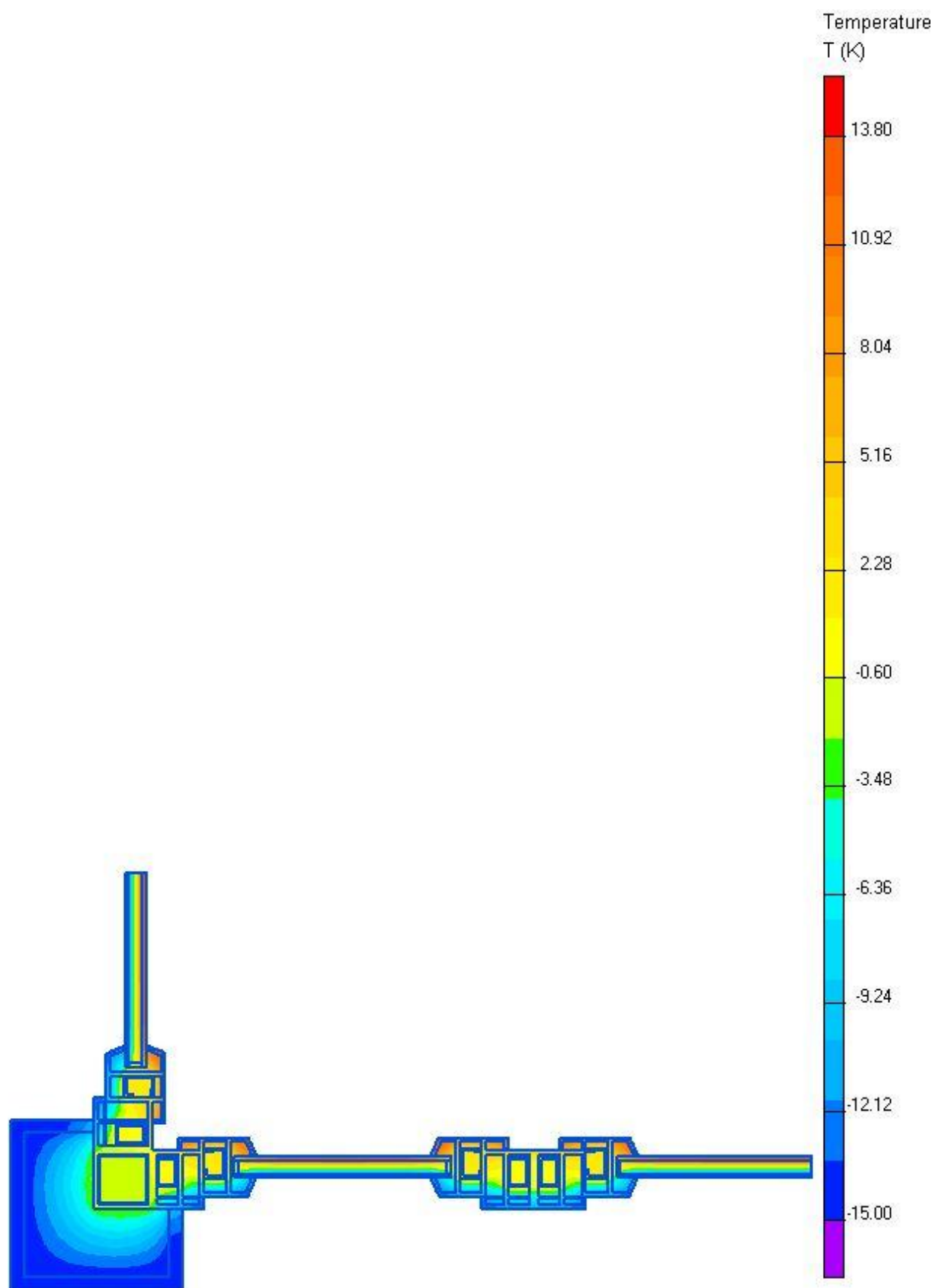


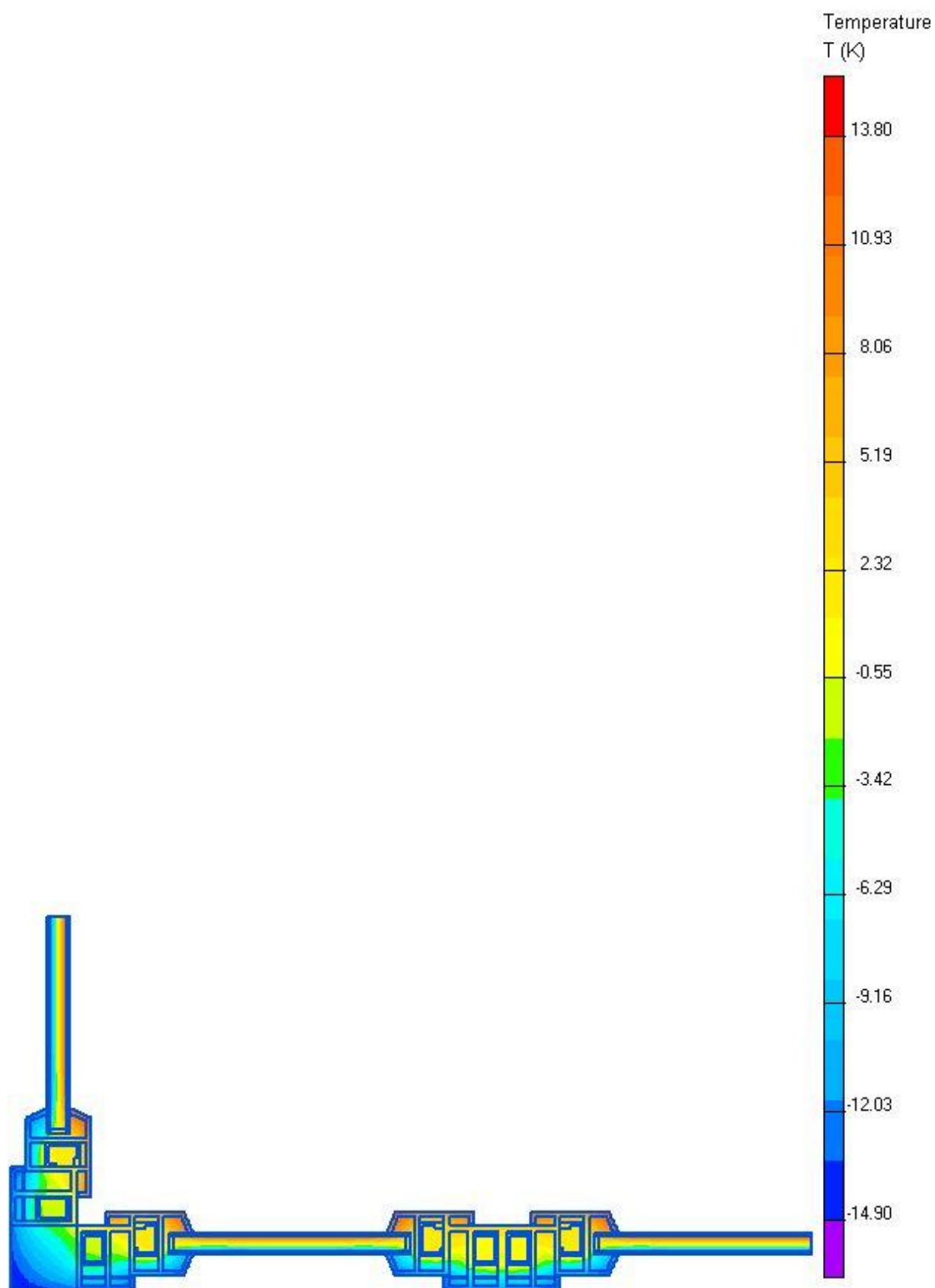
Tabulka minimálních povrchových teplot

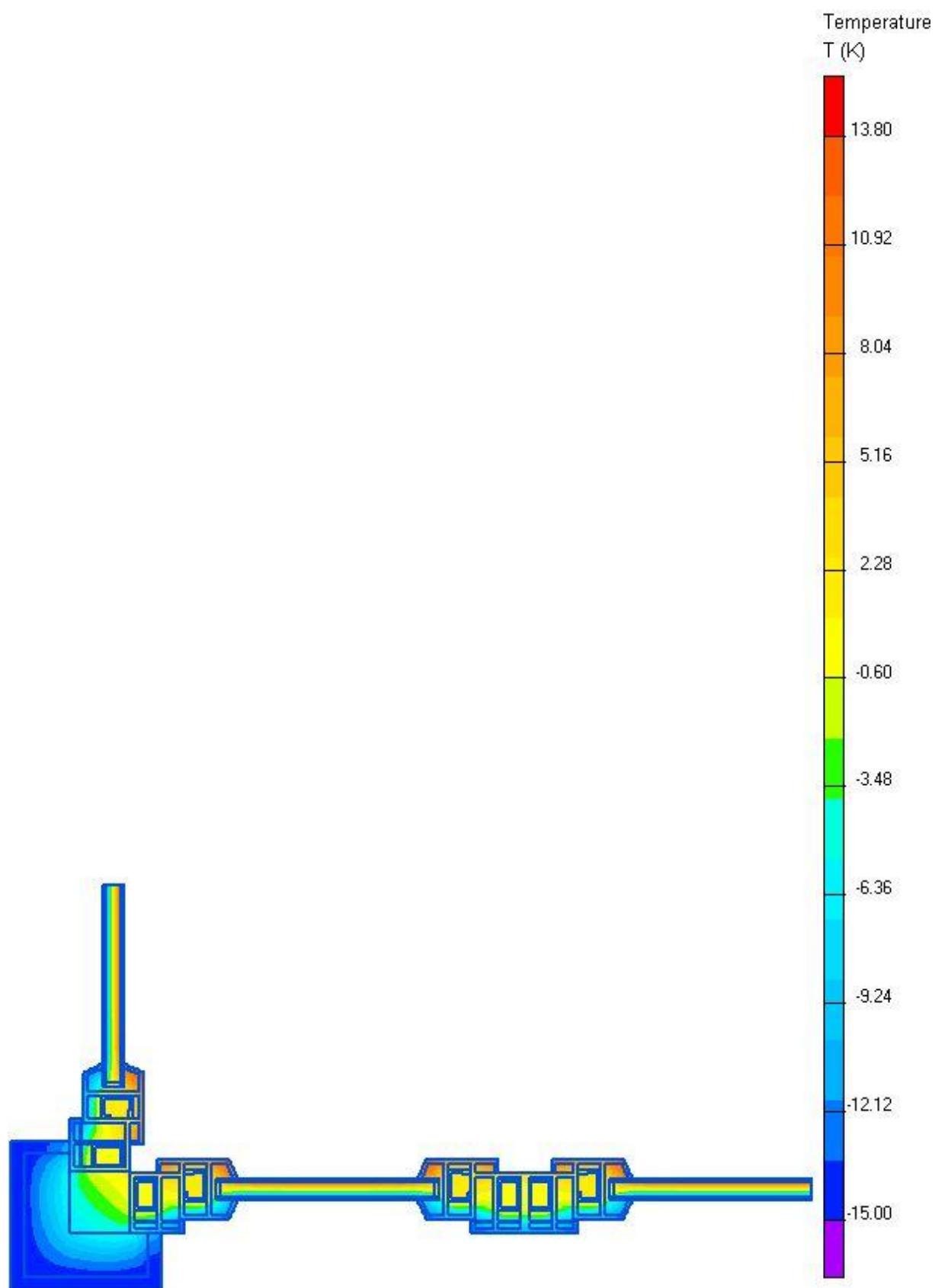
005 Styk dvou oken v rohu domu			
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)		$Q_{si,min}$
	zdivo	A	°C
01	Ocelový sloupek	0	-4,55
02	Ocelový sloupek	50	1,42
03	Ocelový sloupek	80	1,69
04	Dřevěný sloupek	0	1,12
05	Dřevěný sloupek	50	2,95
06	Dřevěný sloupek	80	3,09

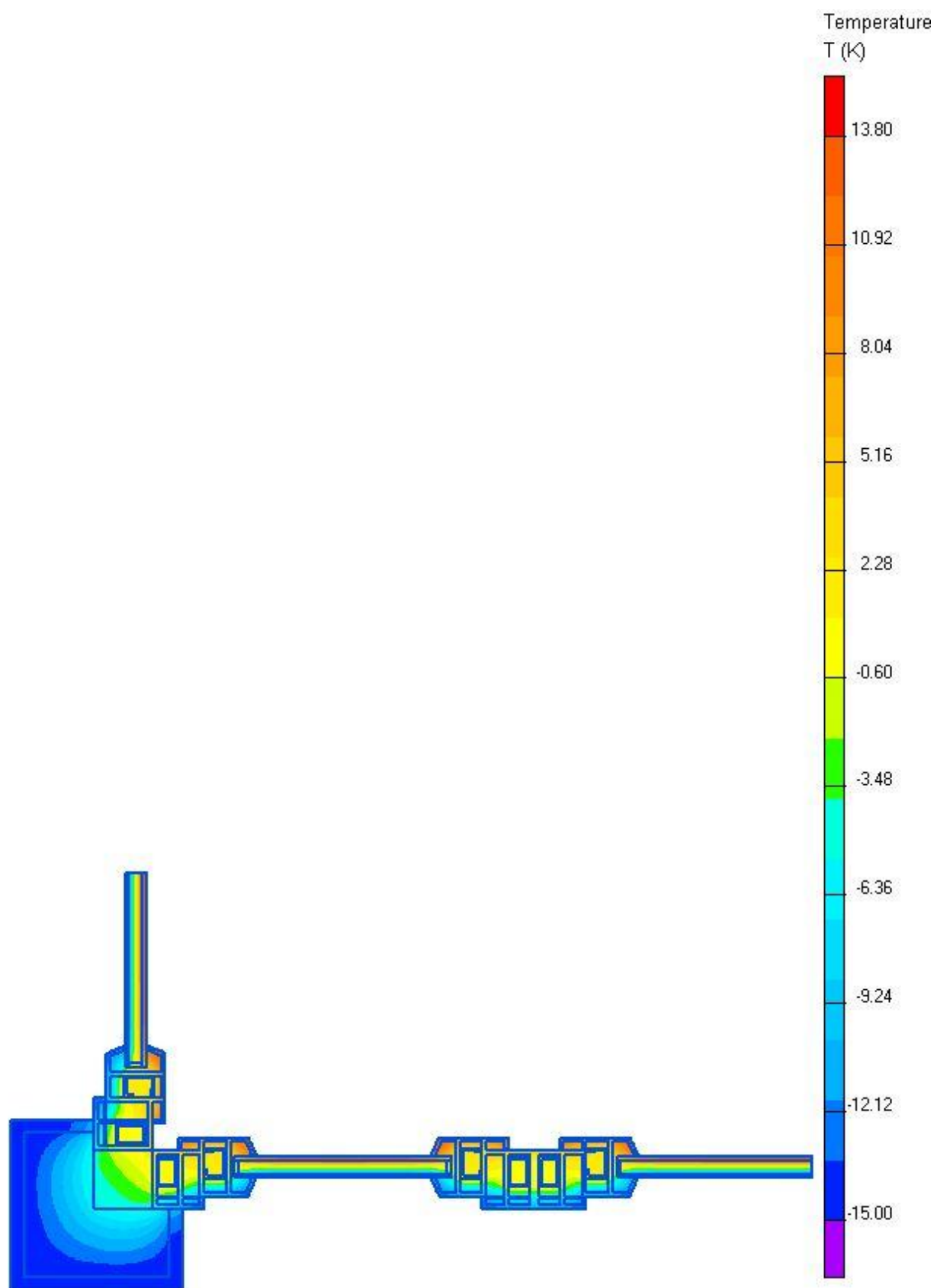












Detail 06

Detail 06 představuje okenní ostění tvořené dozdívkou mezi ocelovým skeletem. Okno je plastové. Opět jde o příklad z praxe, kdy jsme se pokoušeli různě navrhovat zateplení tak, abychom dosáhli co největší povrchové teploty.

Detail 06 Varianta 01

Varianta 01 představuje ostění dřevěného okna tvořené ocelovým sloupkem obezděným dutinovými cihlami. Obezdvka je z exteriéru zaizolovaná 70 mm EPS a obložena keramickým obkladem.

Detail 06 Varianta 02

Varianta 02 je stejná jako varianta 01, místo 70 mm EPS bylo zateplení uvažováno pouze 50 mm Lignopor.

Detail 06 Varianta 03

Varianta je stejná jako varianta 02, bylo použito plastové okno.

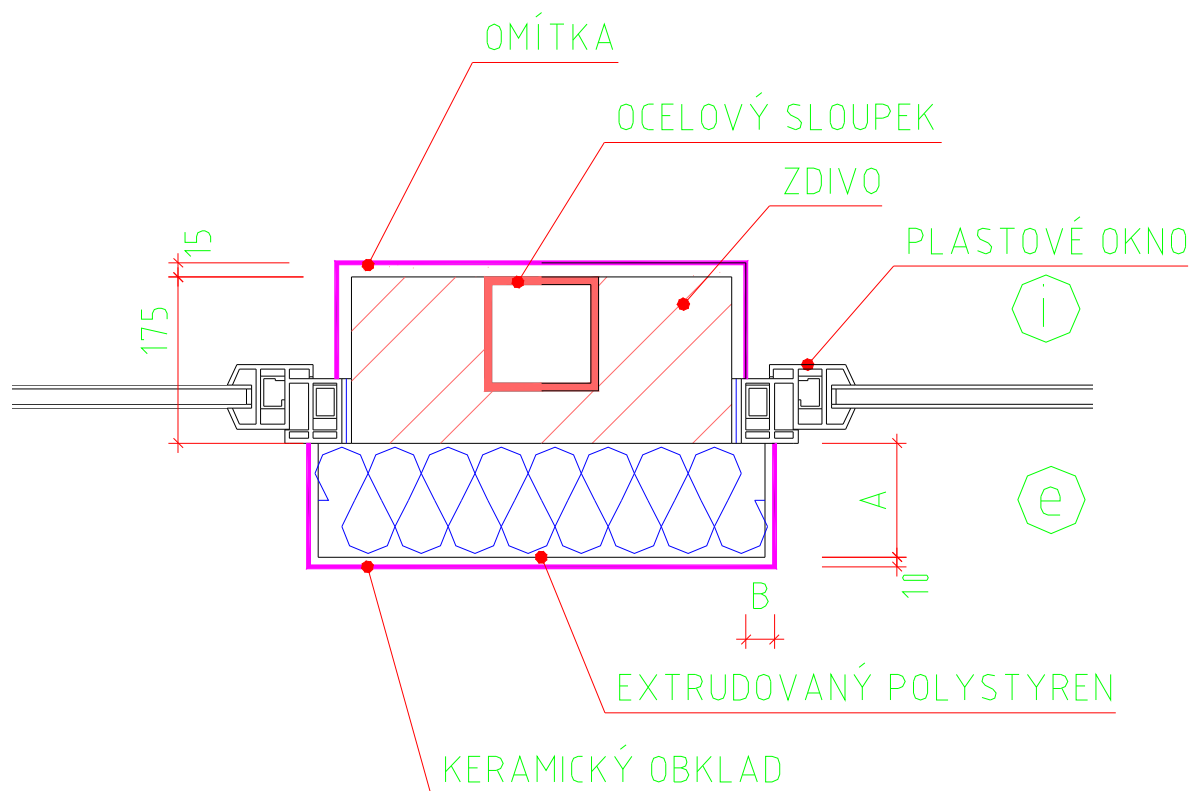
Detail 06 Varianta 04

Varianta je stejná jako varianta 01, bylo použito plastové okno.

Detail 06 Varianta 05

Je provedeno zateplení 120 mm EPS s přesahem 25 mm přes rám, bylo použito plastové okno.

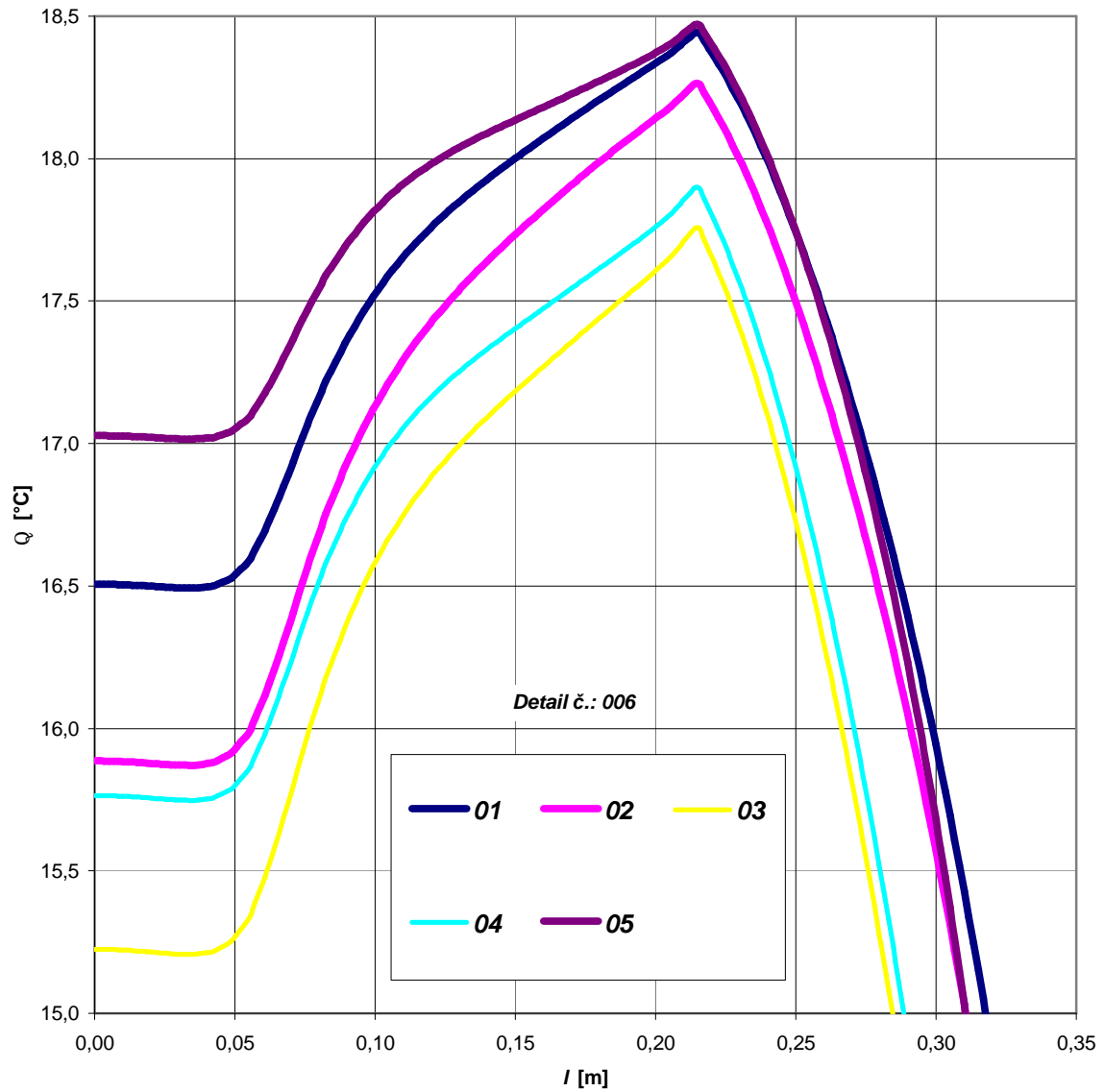
Schématický obrázek detailu 06



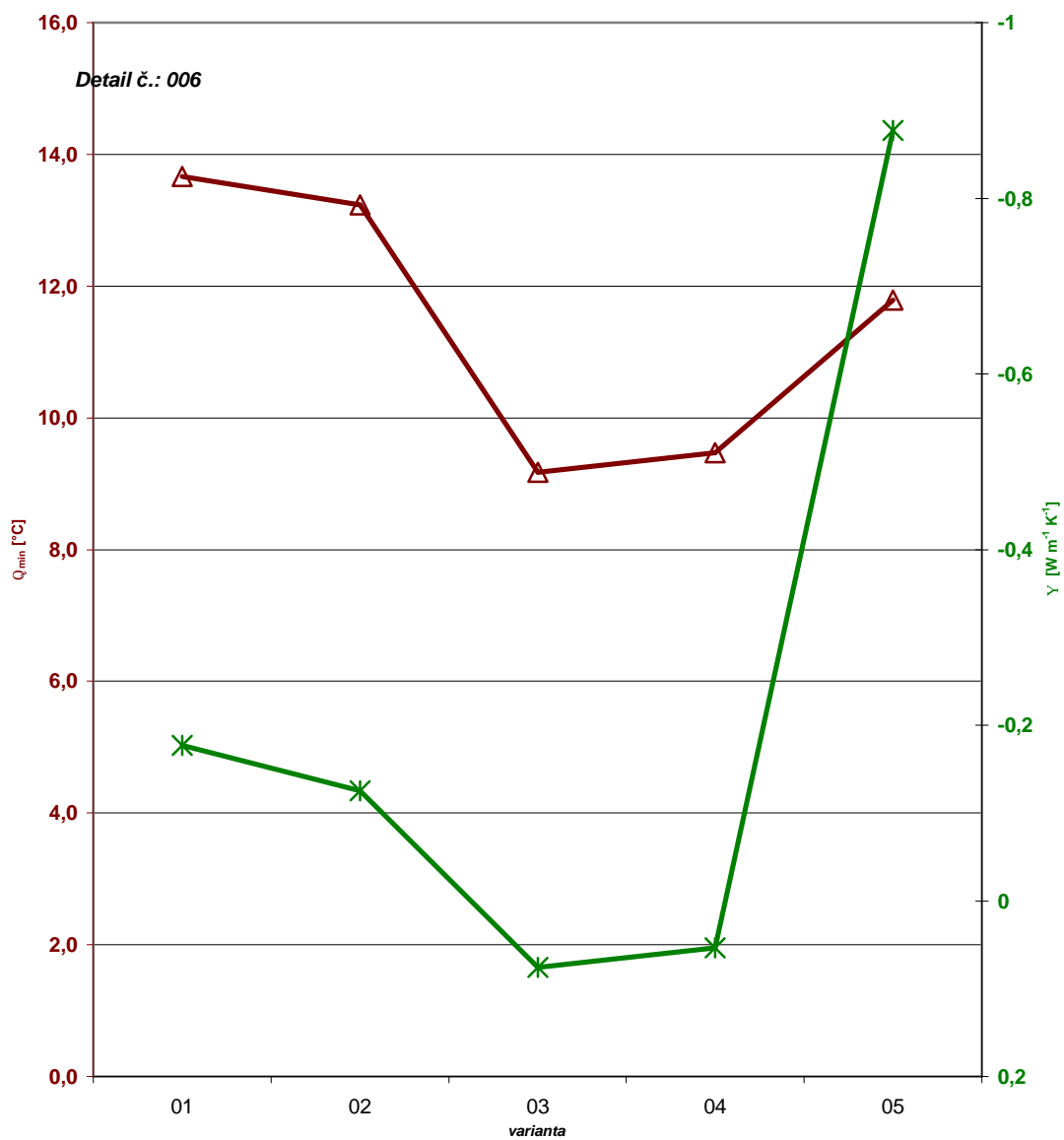
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

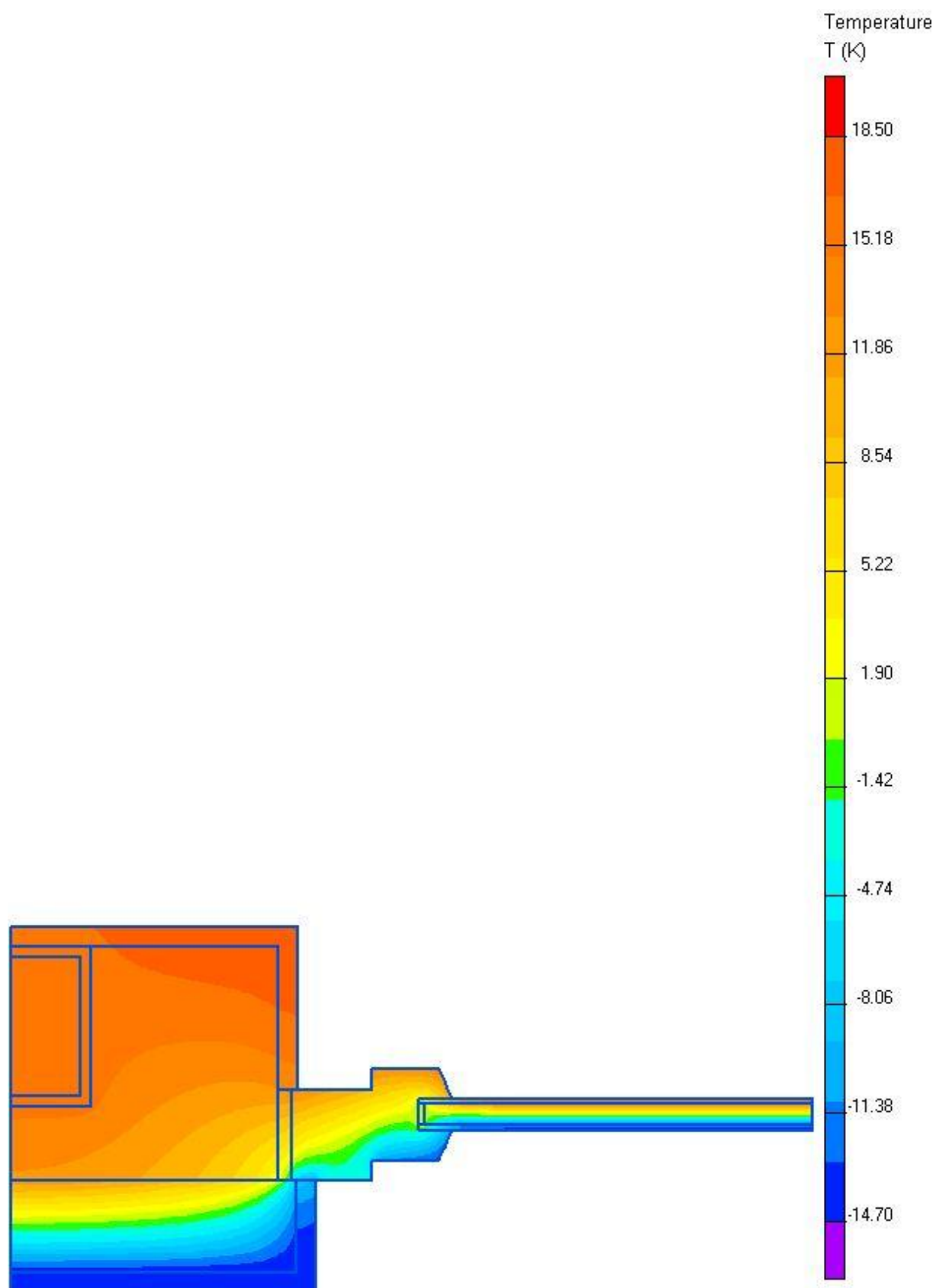
006 Styk okna s ostěním tvořeným ocelovým skeletem s dozdívkou					
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)			Y	$Q_{si,min}$
	zdivo	A	B	$W m^{-1} K^{-1}$	°C
01	Dřevěné okno + EPS	70	0	-0,18	13,67
02	Dřevěné okno + Lignopor	50	0	-0,13	13,23
03	Plastové okno + Lignopor	50	0	0,08	9,17
04	Plastové okno + EPS	70	0	0,05	9,47
05	Plastové okno + EPS	120	25	-0,88	11,79

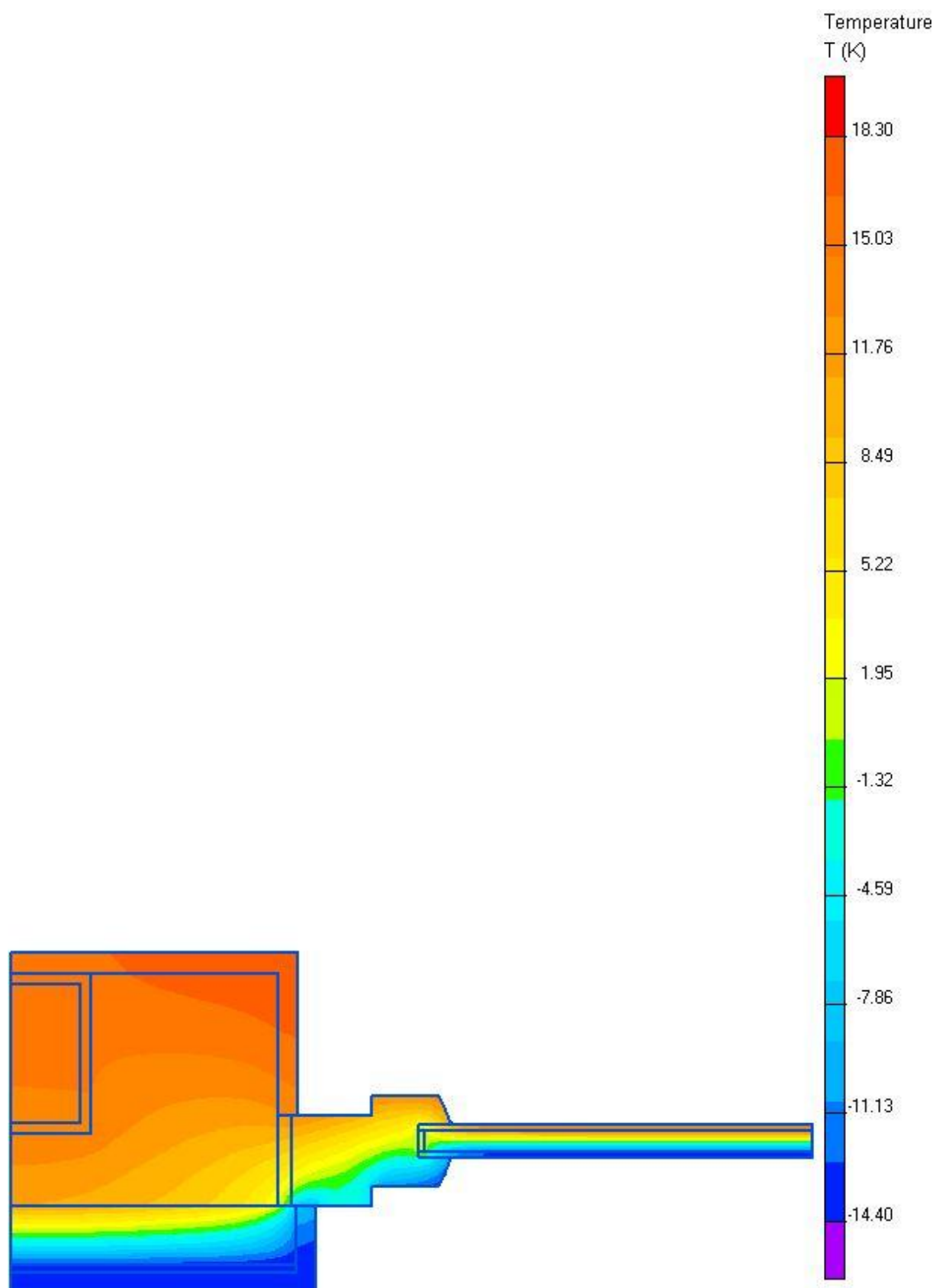
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

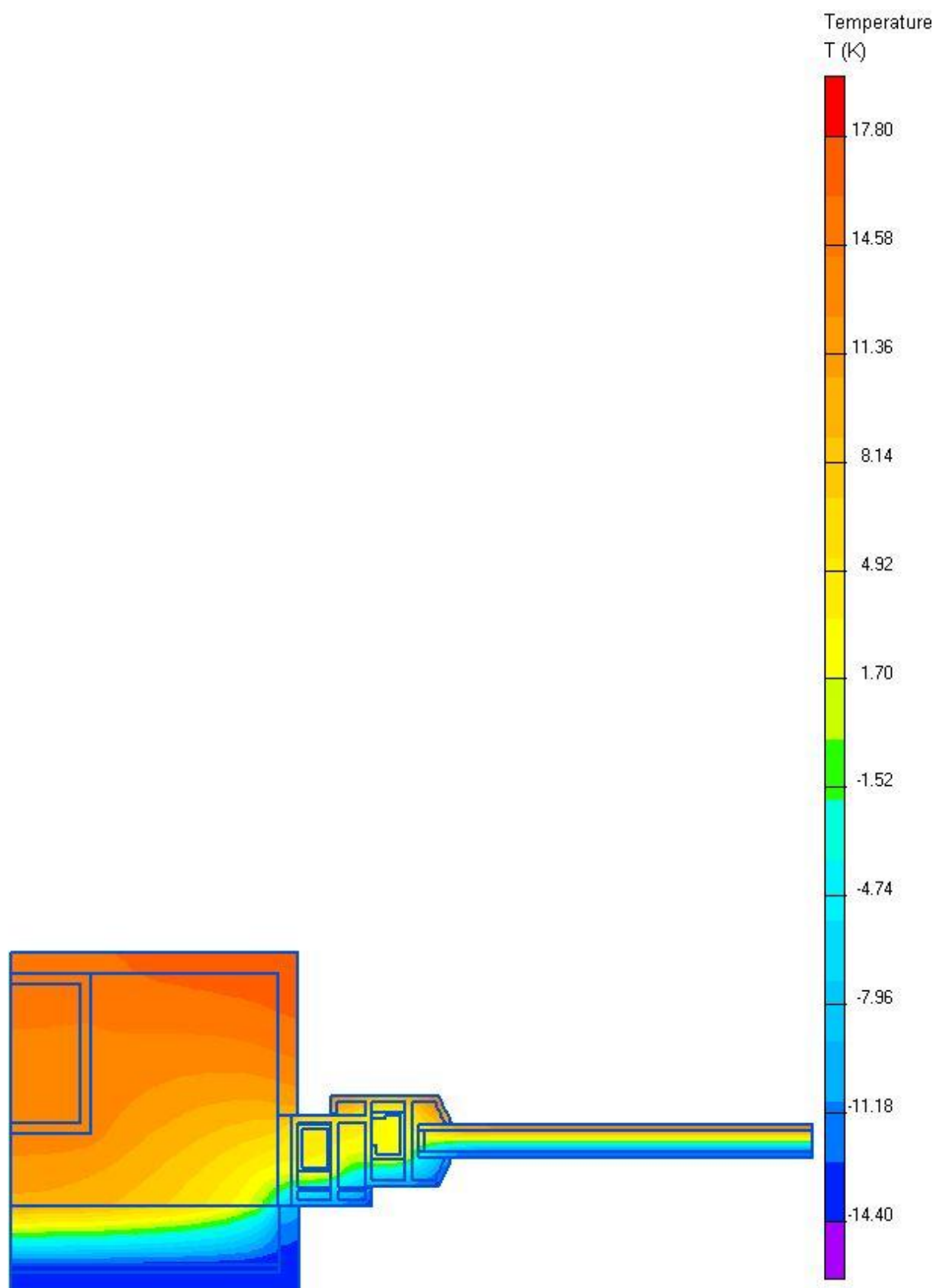


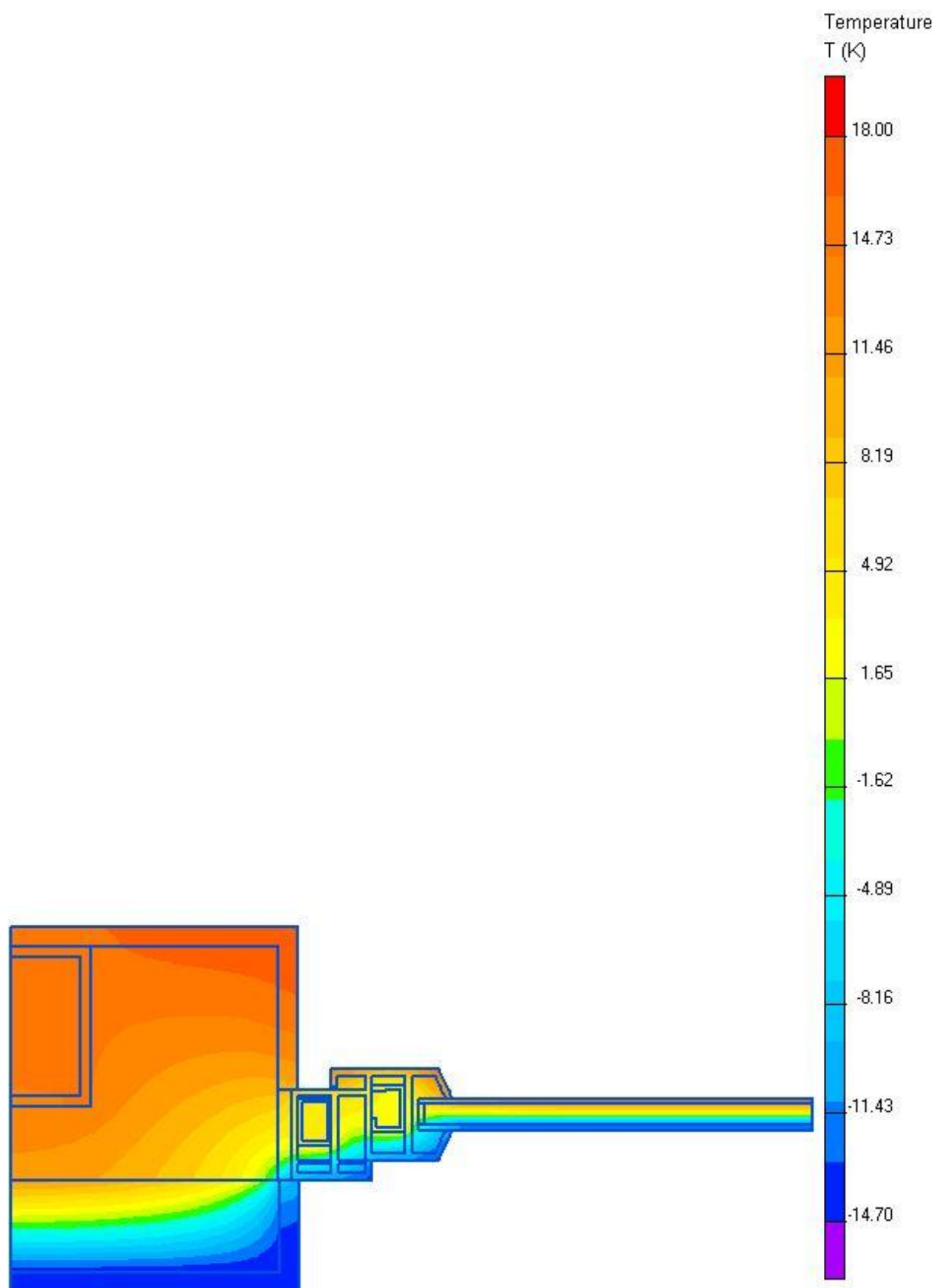
**Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů
tepelné vodivosti**

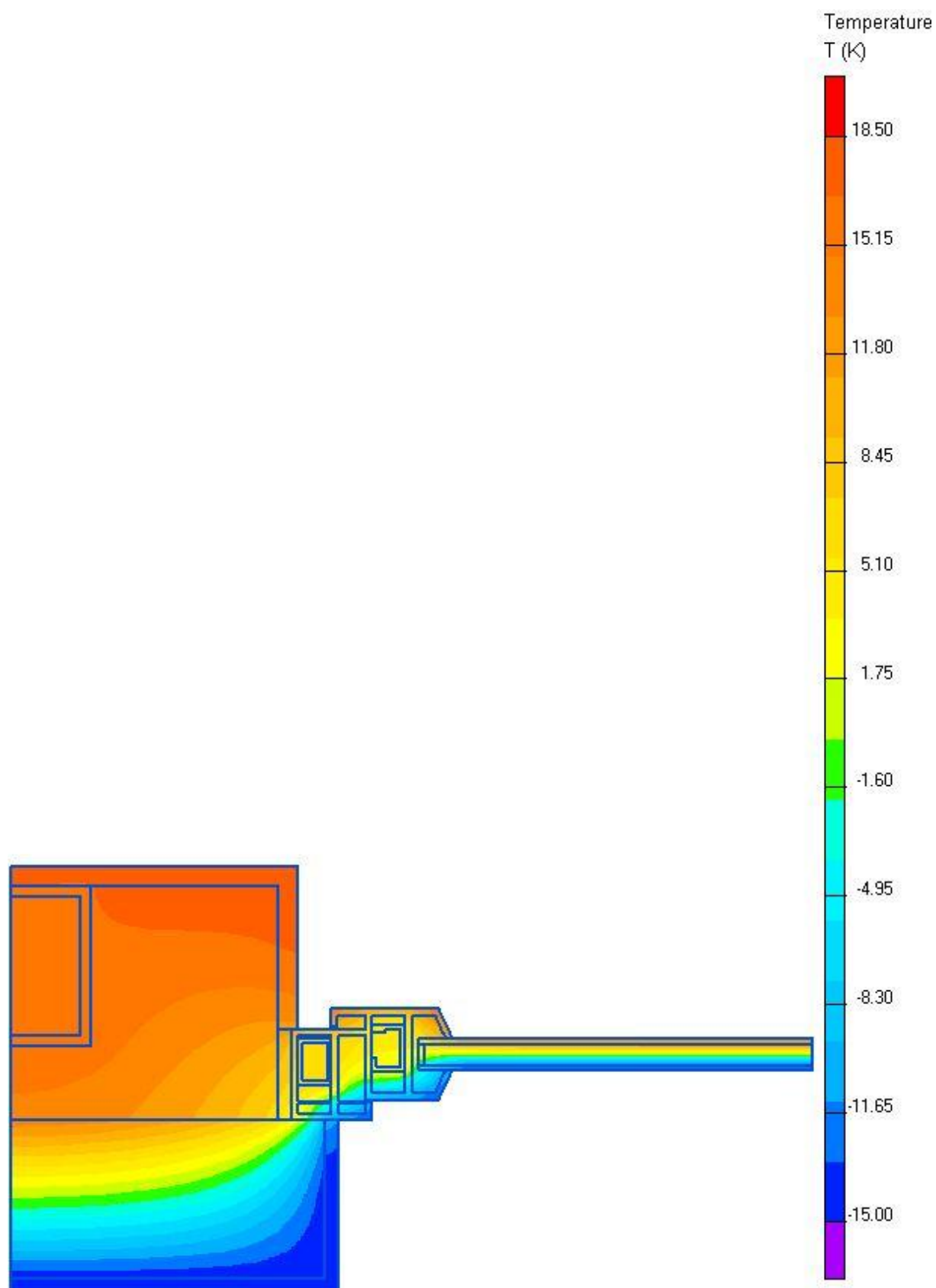












Detail 07

Detail 07 představuje typický obvodový ztužující věnec. Při vyšetřování tohoto detailu jsme se zaměřili na vliv síly tepelné izolace u věnce a popřípadě její přetažení do okolní konstrukce. Ve všech případech bylo počítáno se zdivem Supe®therm STI 44, tedy zdivem se zvýšenou tepelně izolační schopností. Výpočty byly prováděny s respektováním vlastností zdiva. Výpočty byly prováděny jako symetrické, kdy osa symetrie byla v polovině ztužujícího věnce. Proto je na simulacích termovize vždy pouze polovina ztužujícího věnce.

Detail 07 Varianta 01

Jde o základní variantu, věnec je bez tepelné izolace.

Detail 07 Varianta 02

Jako varianta 1, věnec je zaizolován lignoporem o tloušťce 50 mm.

Detail 07 Varianta 03

Jako varianta 1, věnec je zaizolován lignoporem o tloušťce 80 mm.

Detail 07 Varianta 04

Jako varianta 1, věnec je zaizolován lignoporem o tloušťce 100 mm.

Detail 07 Varianta 05

Jako varianta 1, věnec je zaizolován lignoporem o tloušťce 50 mm, jeho délka je zvětšena o 120 mm více, než je věnec.

Detail 07 Varianta 06

Jako varianta 1, věnec je zaizolován lignoporem o tloušťce 80 mm, jeho délka je zvětšena o 120 mm více, než je věnec.

Detail 07 Varianta 07

Jako varianta 1, věnec je zaizolován lignoporem o tloušťce 100 mm, jeho délka je zvětšena o 120 mm více, než je věnec.

Detail 07 Varianta 08

Jako varianta 1, věnec je zaizolován lignoporem o tloušťce 50 mm, jeho délka je zvětšena o 240 mm více, než je věnec.

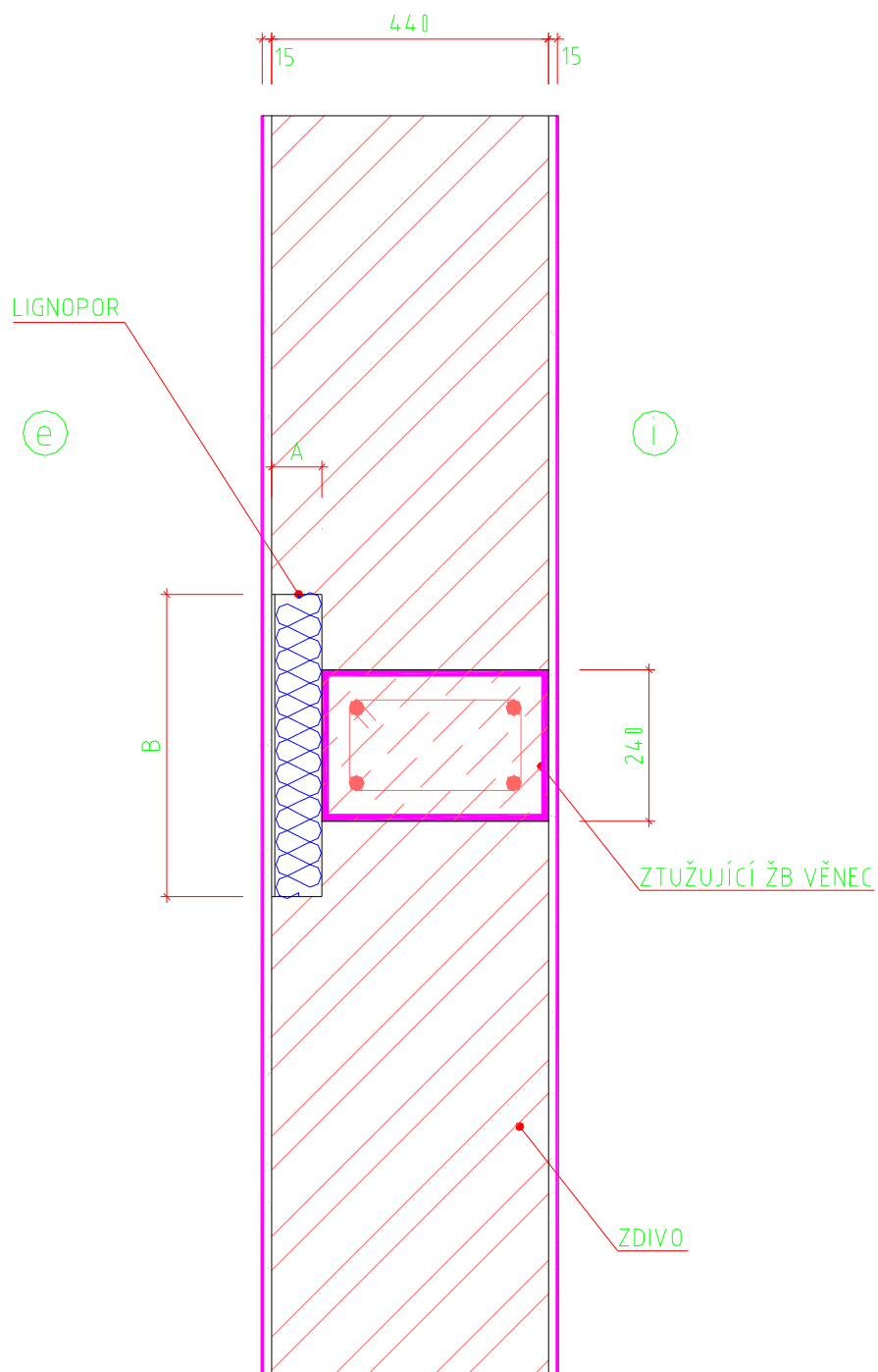
Detail 07 Varianta 09

Jako varianta 1, věnec je zaizolován lignoporem o tloušťce 80 mm, jeho délka je zvětšena o 240 mm více, než je věnec.

Detail 07 Varianta 10

Jako varianta 1, věnec je zaizolován lignoporem o tloušťce 100 mm, jeho délka je zvětšena o 240 mm více, než je věnec.

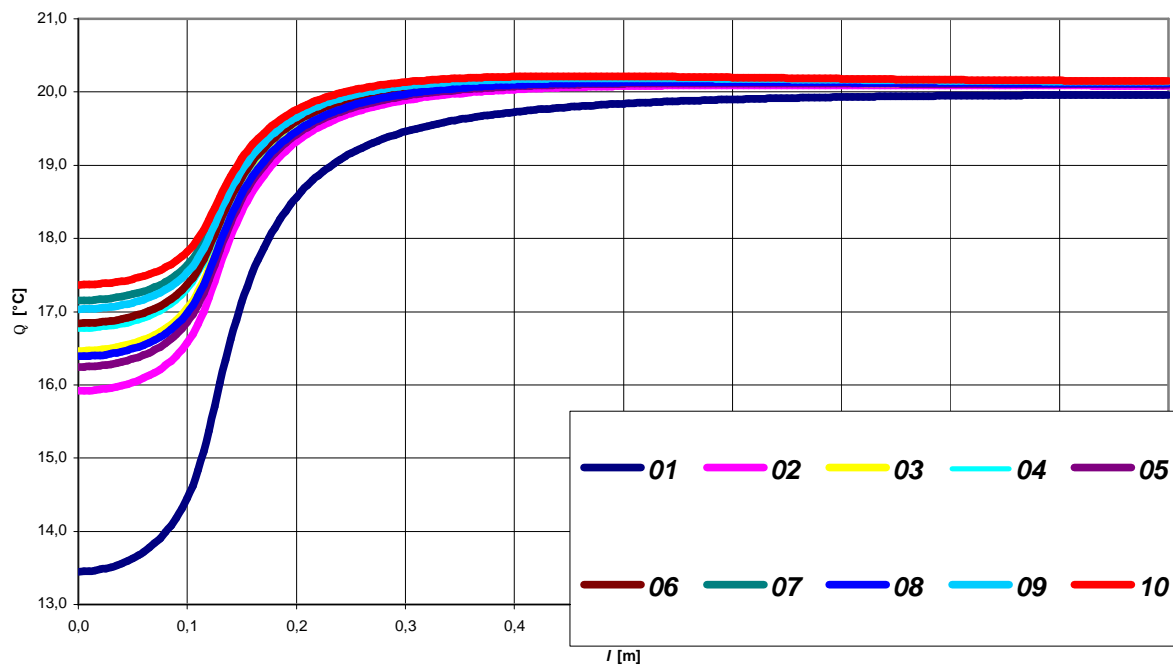
Schématický obrázek detailu 07



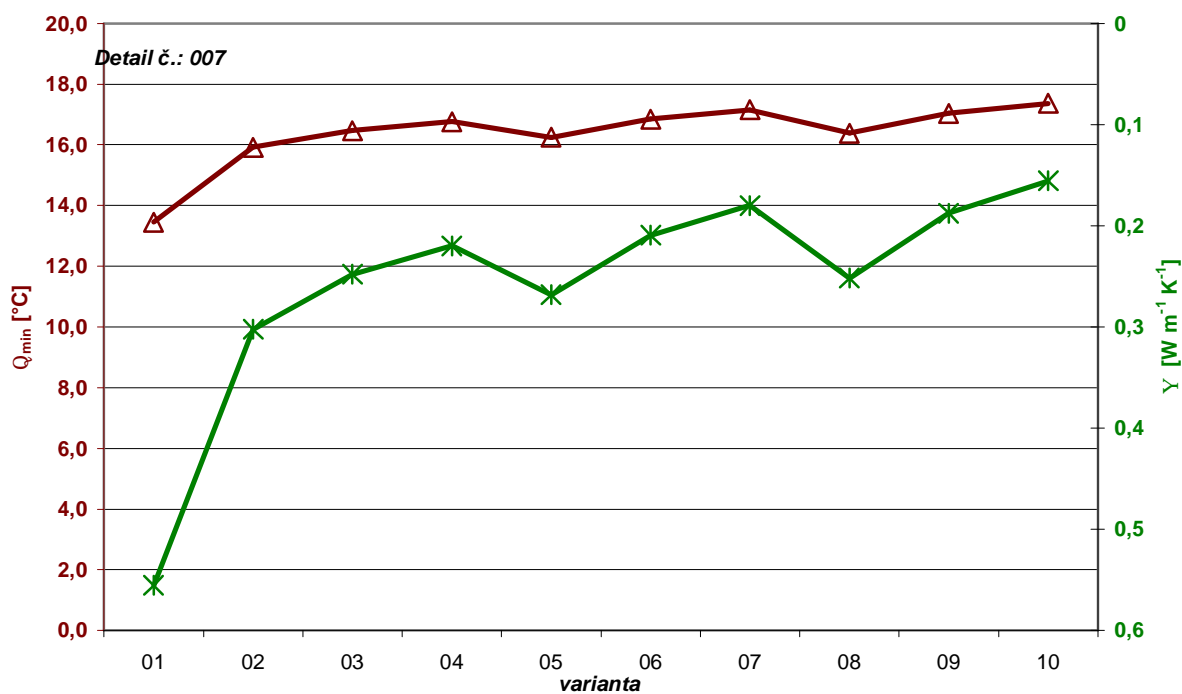
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

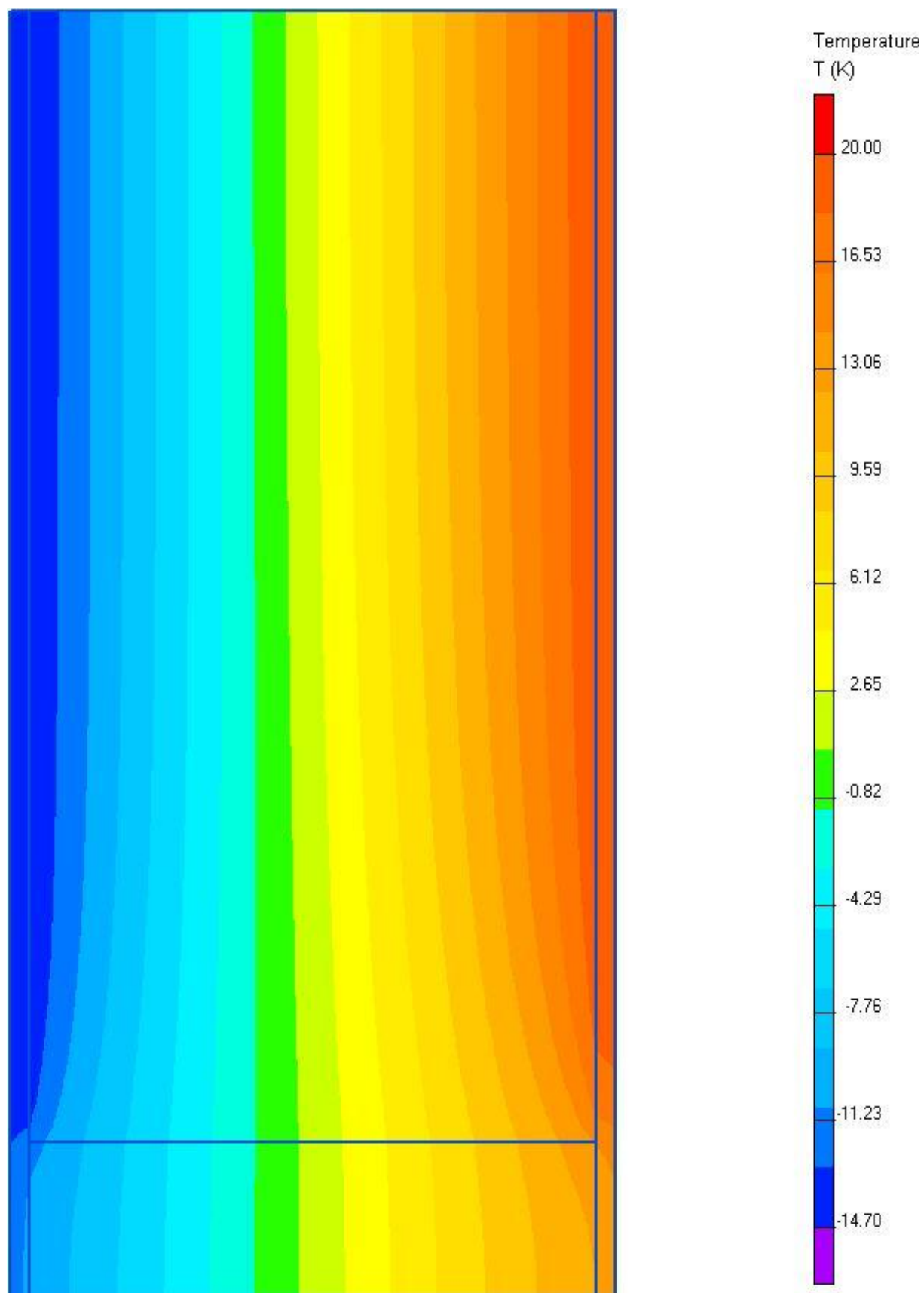
007 Izolace ztužujícího obvodového věnce					
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)			Y	Q_{si,min}
	zdivo	A	B	W m⁻¹ K⁻¹	°C
01	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	0	0	0,56	13,45
02	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	50	0	0,30	15,92
03	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	80	0	0,25	16,46
04	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	100	0	0,22	16,76
05	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	50	480	0,27	16,25
06	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	80	480	0,21	16,84
07	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	100	480	0,18	17,15
08	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	50	720	0,25	16,39
09	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	80	720	0,19	17,03
10	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	100	720	0,16	17,37

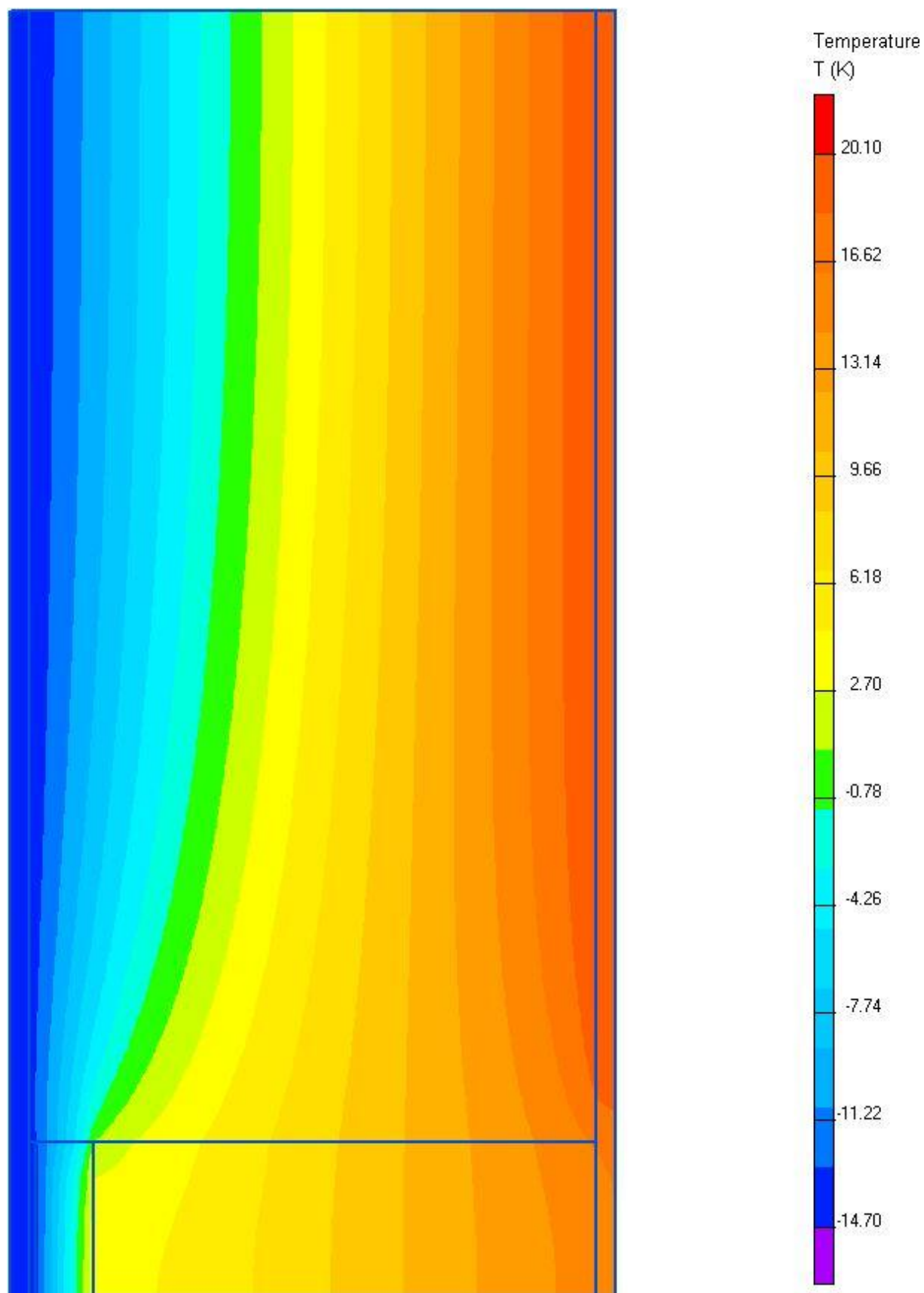
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

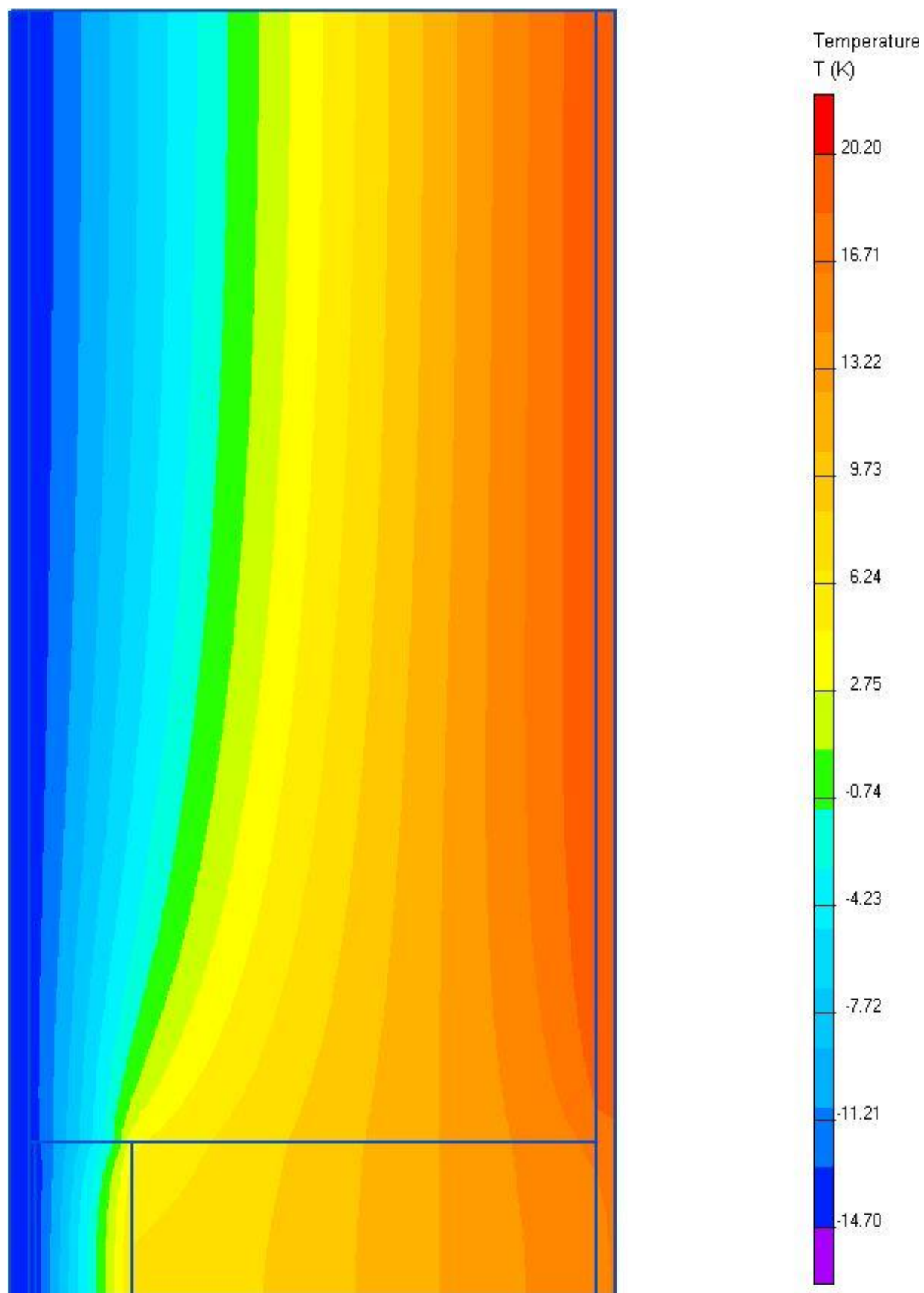


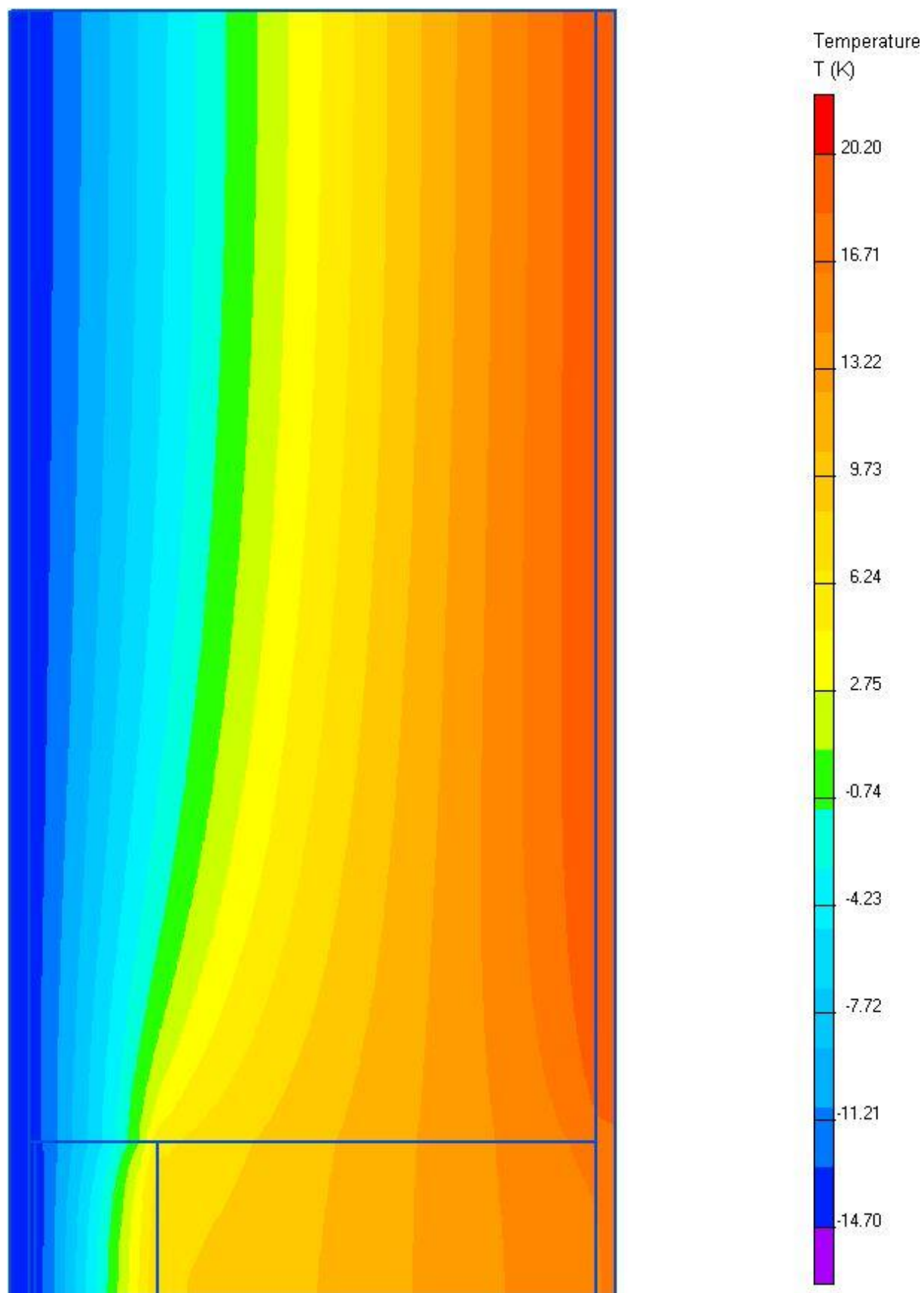
Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů tepelné vodivosti

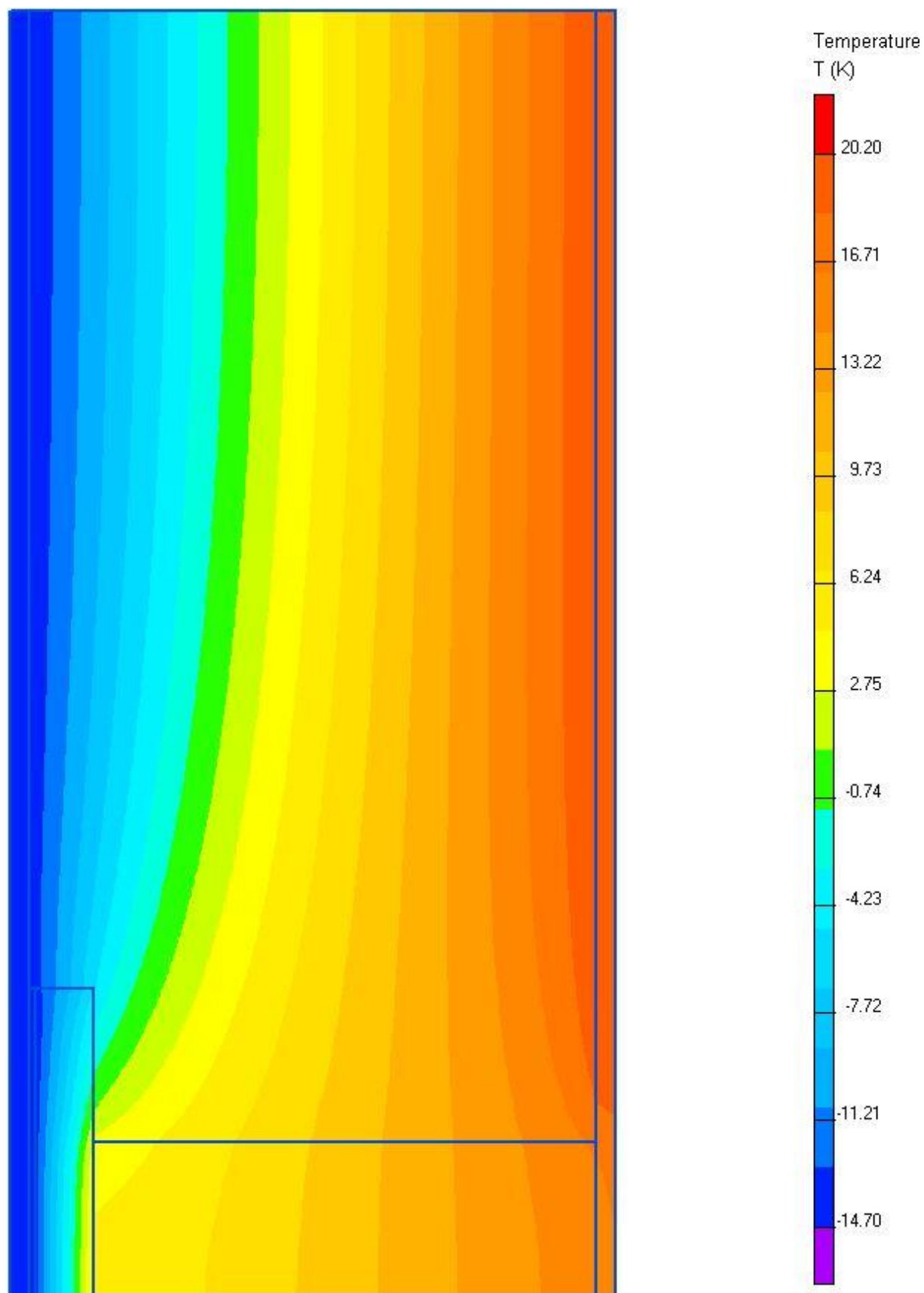


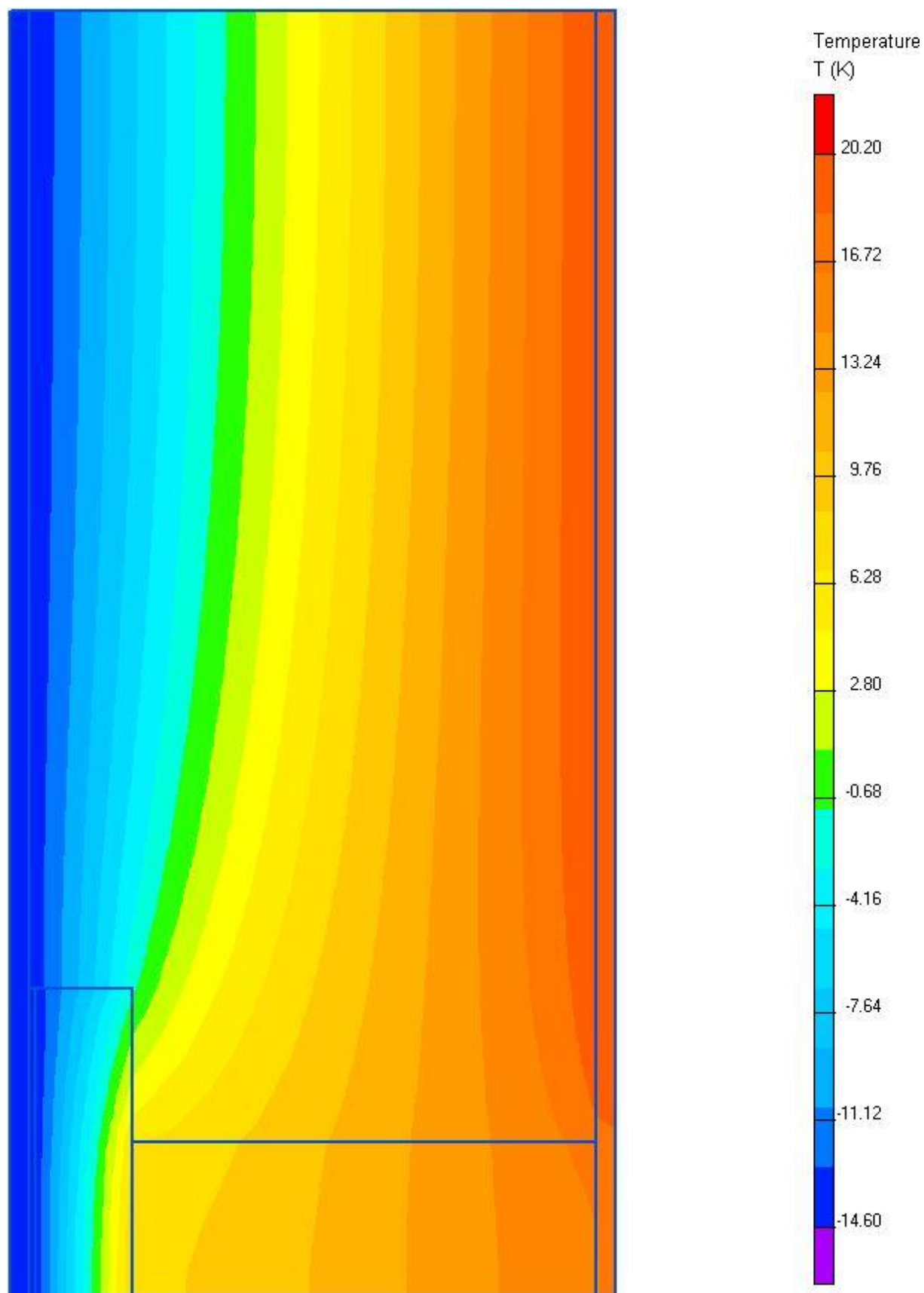


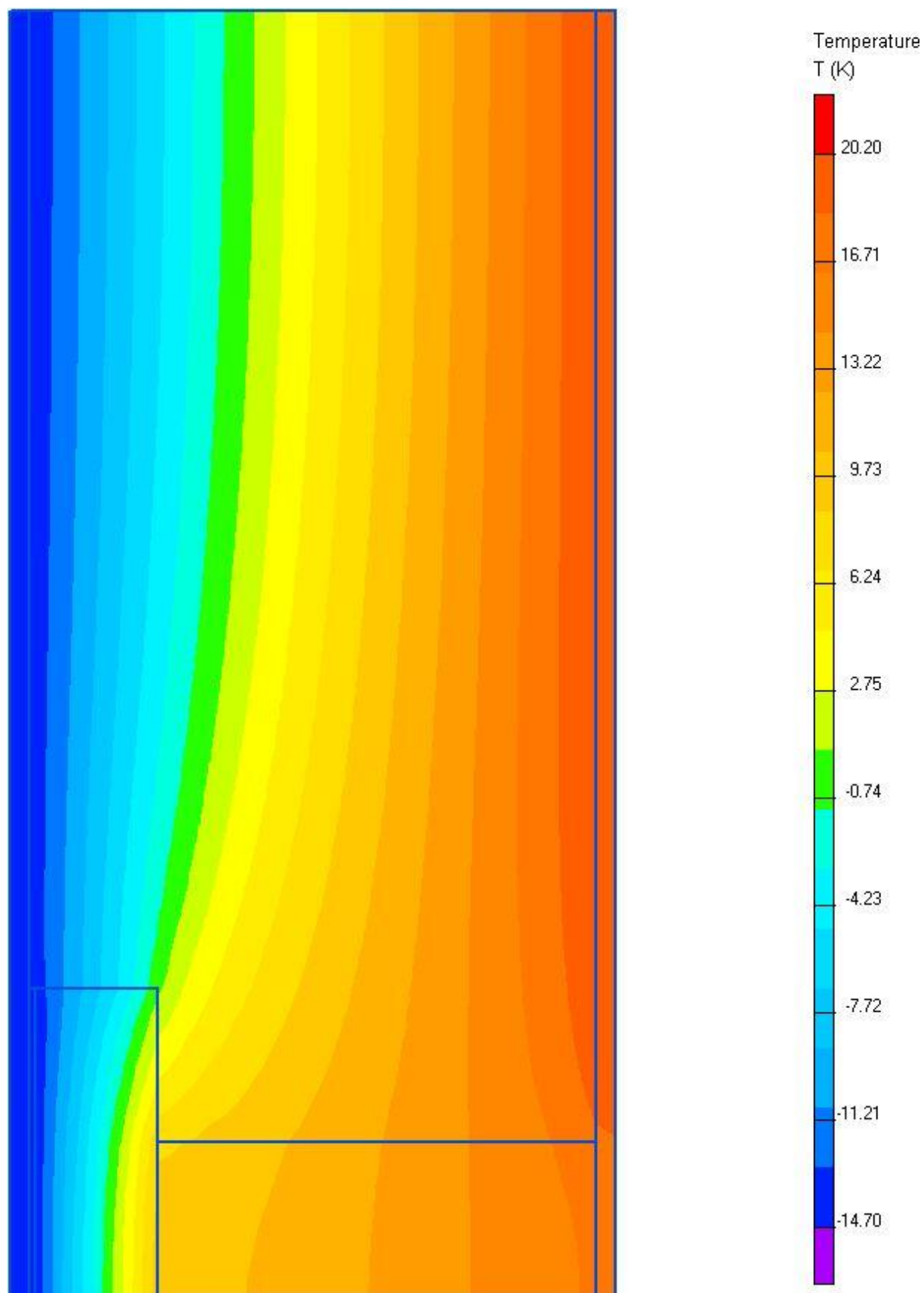


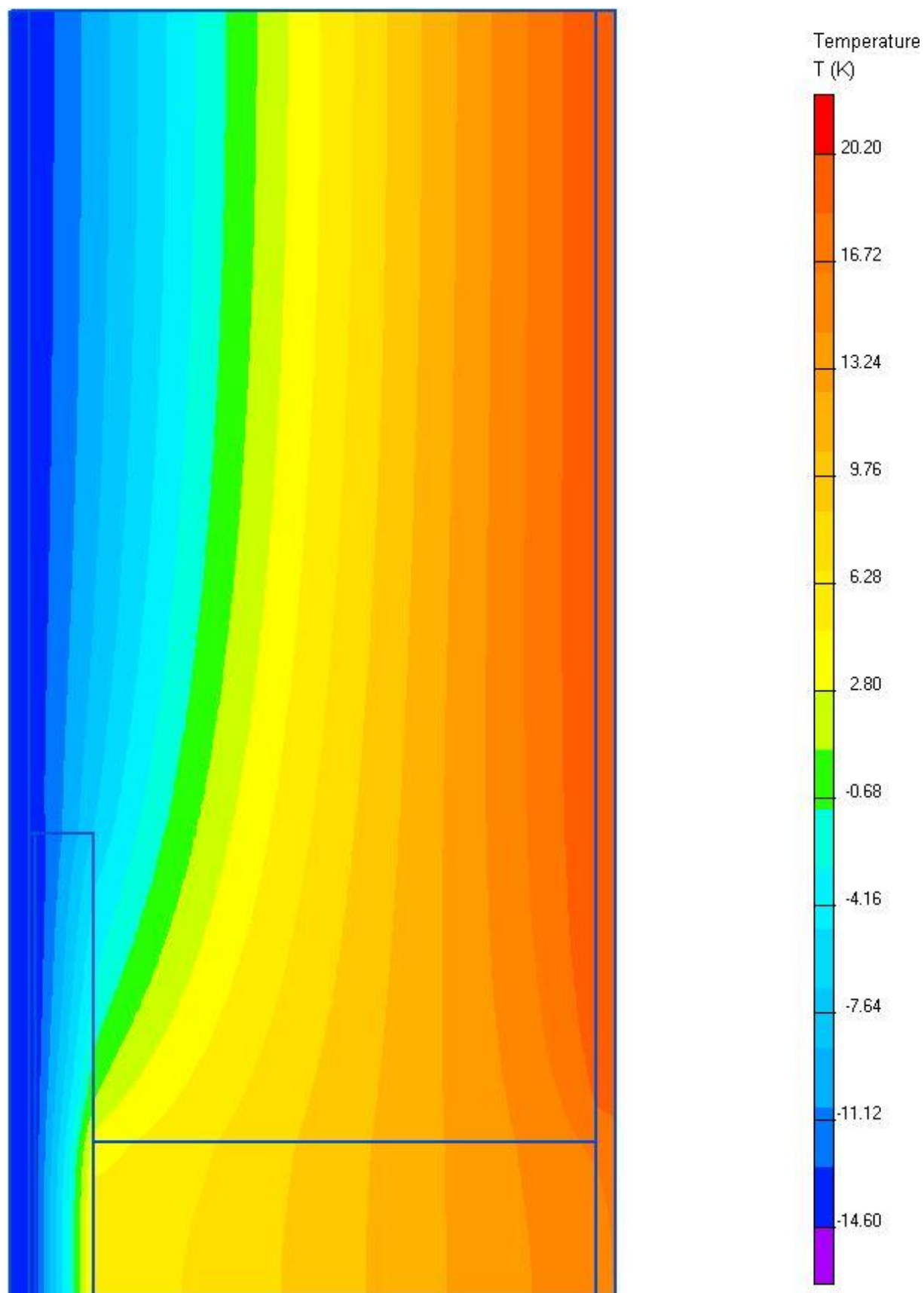


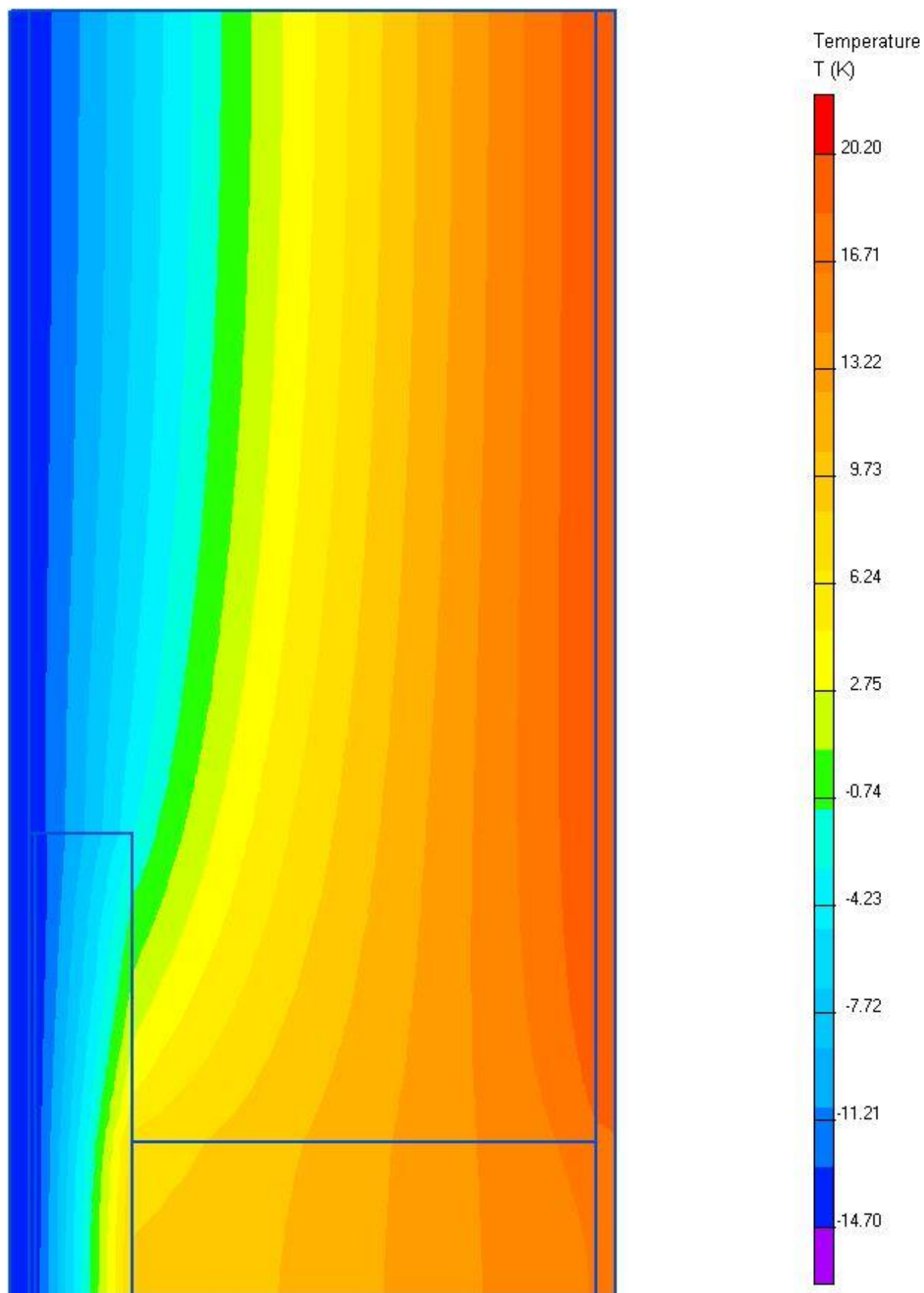


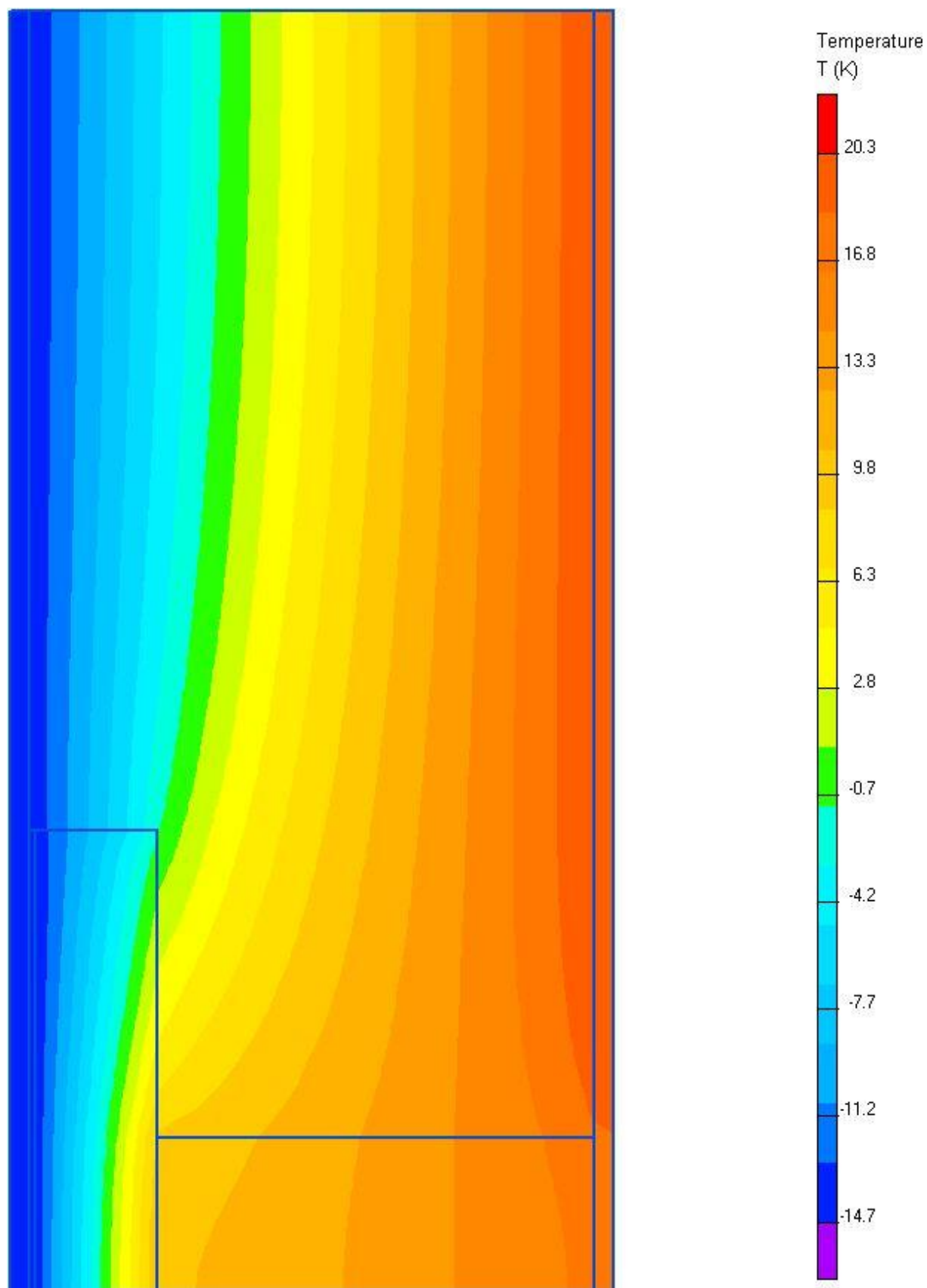












Detail 08

Detail 08 představuje prostup ocelové trubky obvodovou stěnou. Jde o bodový tepelný most. S obdobným případem jsme se setkali v kombinaci s nikou pro hlavní uzavěr plynu, kdy trubka procházela do technické místnosti u podlahy. Zde také vznikala neodstranitelná plíseň.

Detail 08 Varianta 01

Varianta 1 představuje průchod ocelové trubky o průměru 28 mm a tloušťkou stěny 2,5 mm zdivem Supe®therm. Okolo trubky je ocelová chránička z trubky ocelové průměru 38 mm a tloušťkou stěny 2,5 mm. Zdivo bylo uvažováno izotropní.

Detail 08 Varianta 02

Stejná varianta jako 1, trubka byla zaizolována Mirelonem v exteriéru i interiéru o síle 3 mm.

Detail 08 Varianta 03

Stejná varianta jako 1, trubka byla zaizolována Mirelonem v exteriéru i interiéru o síle 10 mm.

Detail 08 Varianta 04

Stejná varianta jako 1, trubka byla zaizolována Mirelonem v exteriéru i interiéru o síle 20 mm.

Detail 08 Varianta 05

Stejná varianta jako 1, trubka byla zaizolována Mirelonem v exteriéru o síle 3 mm.

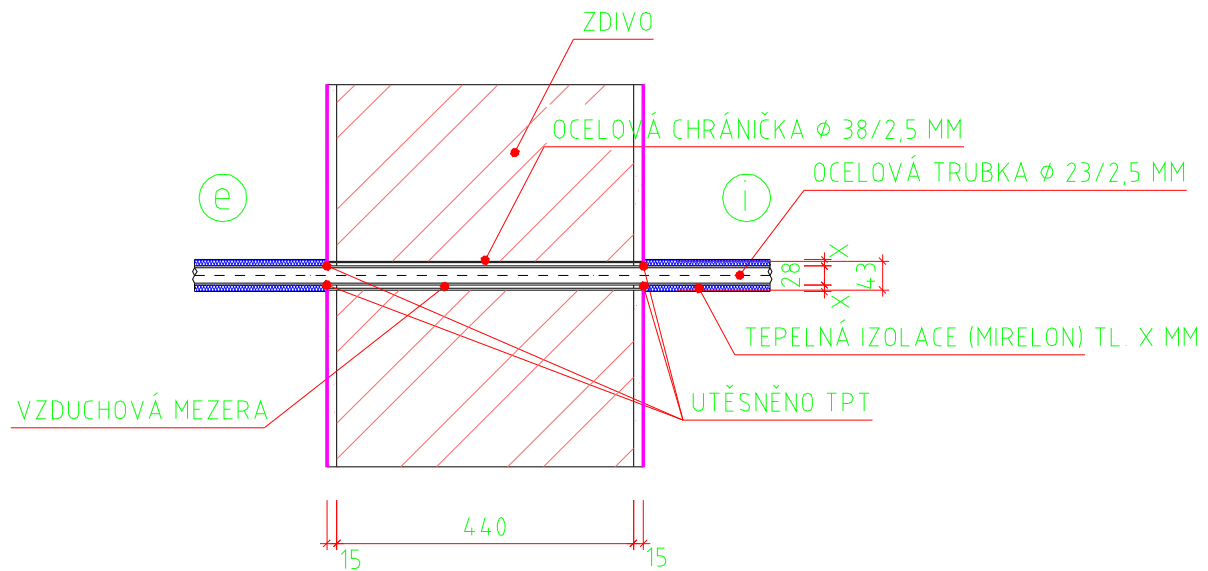
Detail 08 Varianta 06

Stejná varianta jako 1, trubka byla zaizolována Mirelonem v exteriéru o síle 10 mm.

Detail 08 Varianta 07

Stejná varianta jako 1, trubka byla zaizolována Mirelonem v exteriéru o síle 20 mm.

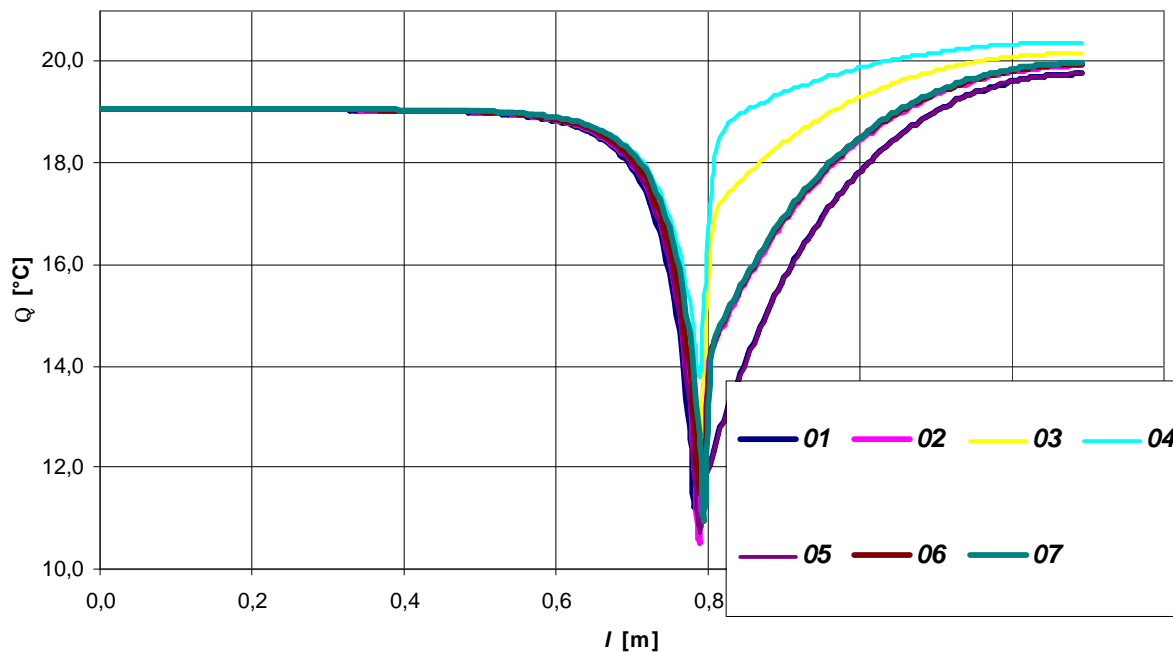
Schématický obrázek detailu 08



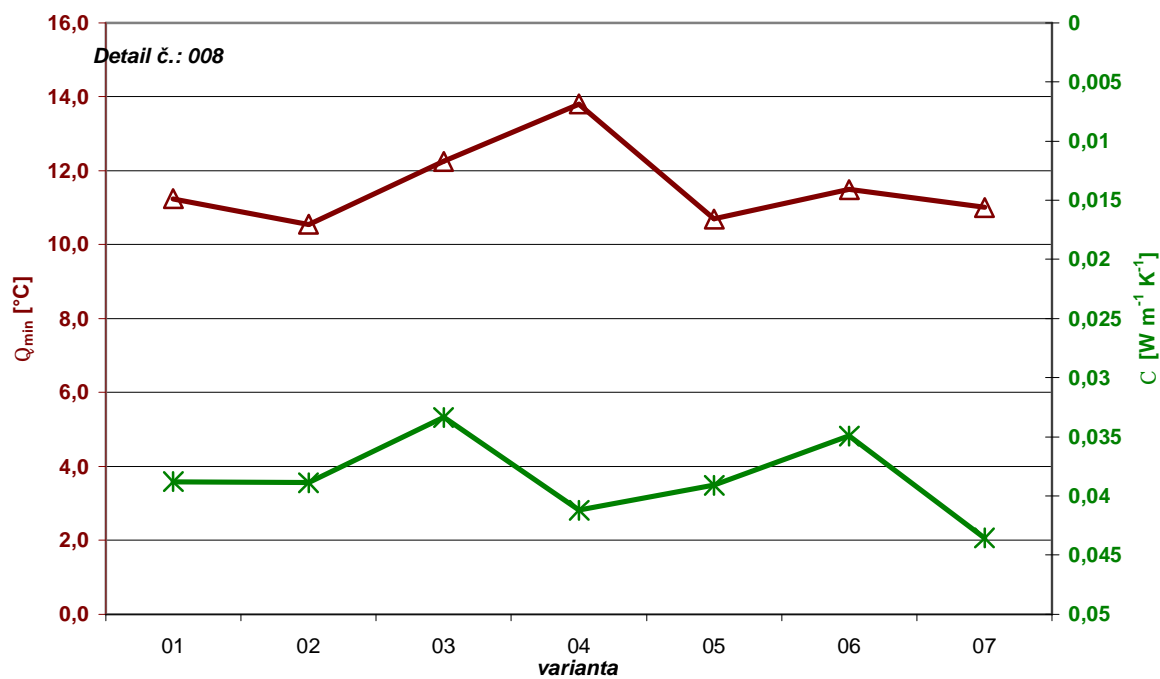
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

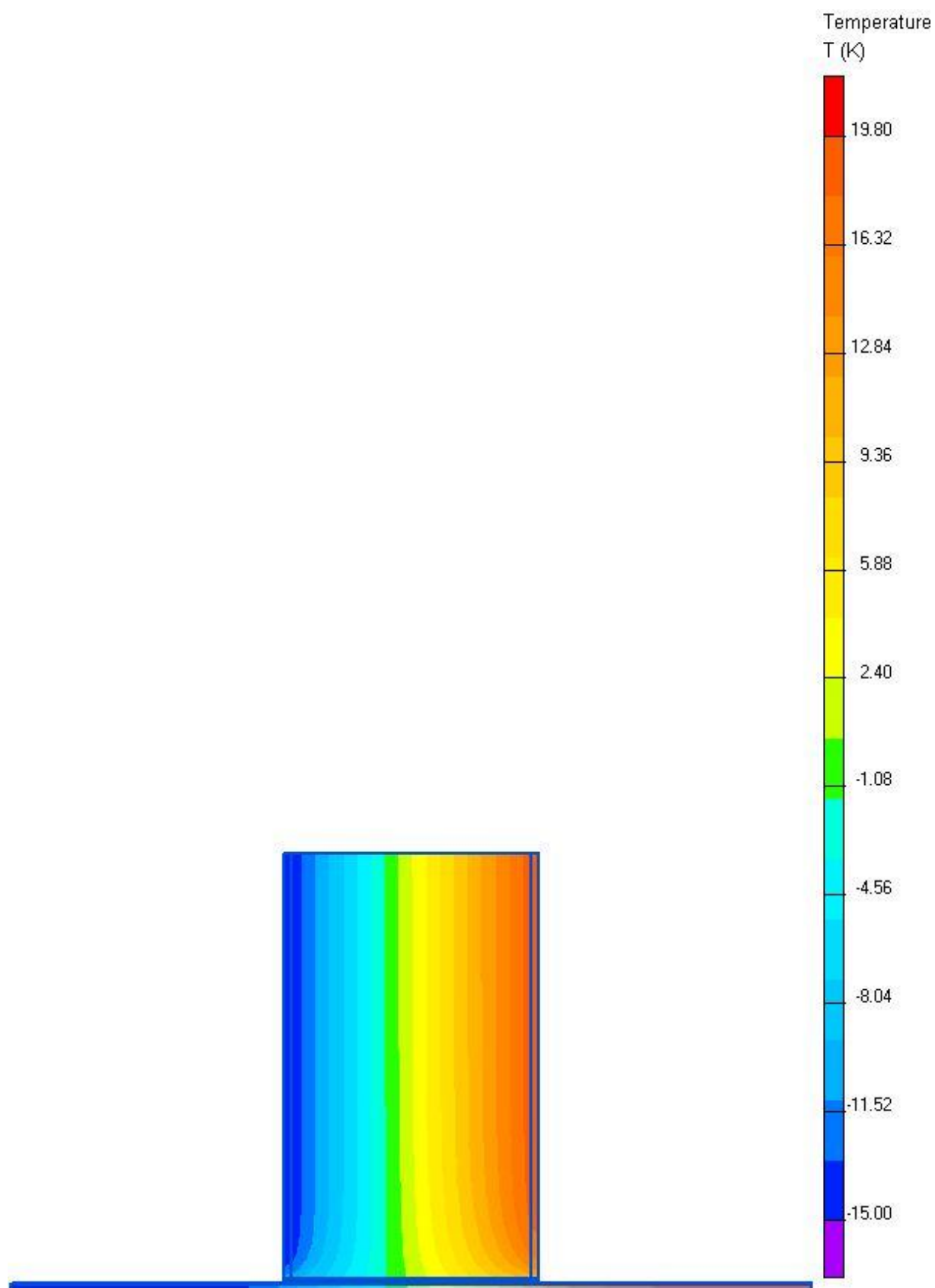
008 Prostup ocelové trubky obvodovou stěnou					
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)			C W m⁻¹ K⁻¹	Q_{si,min} °C
	zdivo	A	B		
01	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	0	0	0,039	11,24
02	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	3	3	0,039	10,54
03	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	10	10	0,033	12,25
04	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	20	20	0,041	13,80
05	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	3	0	0,039	10,69
06	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	10	0	0,035	11,49
07	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	20	0	0,044	11,00

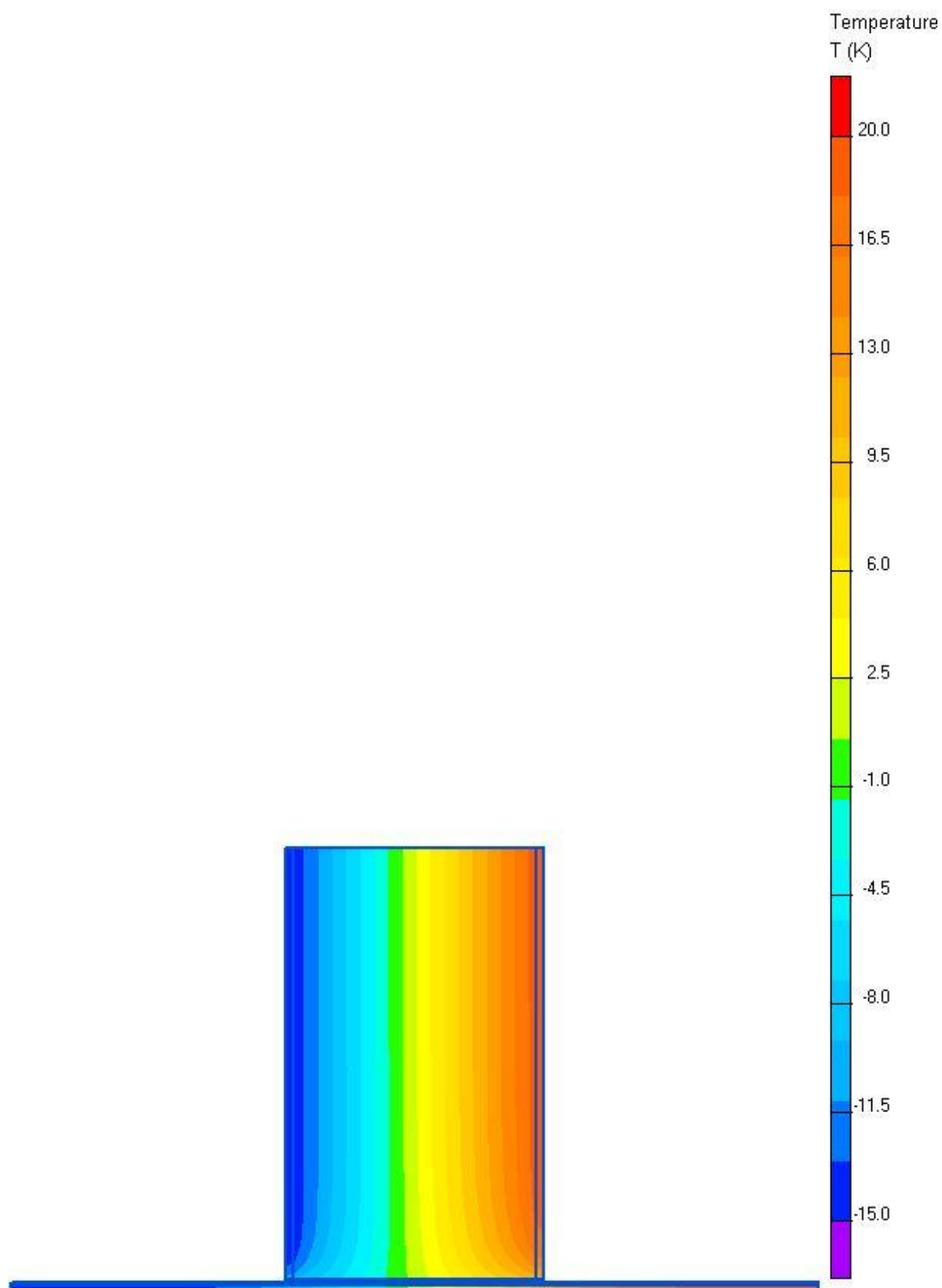
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

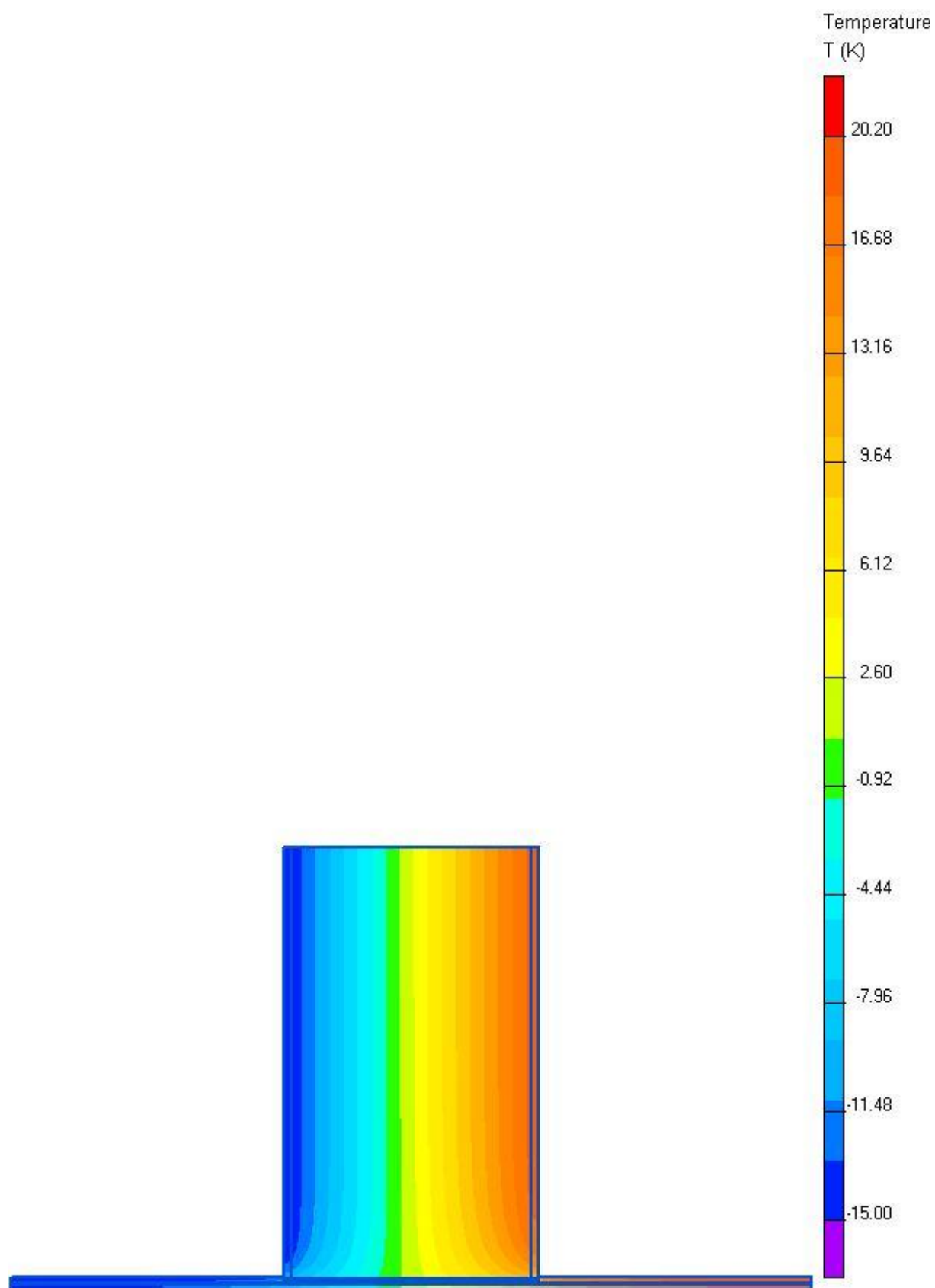


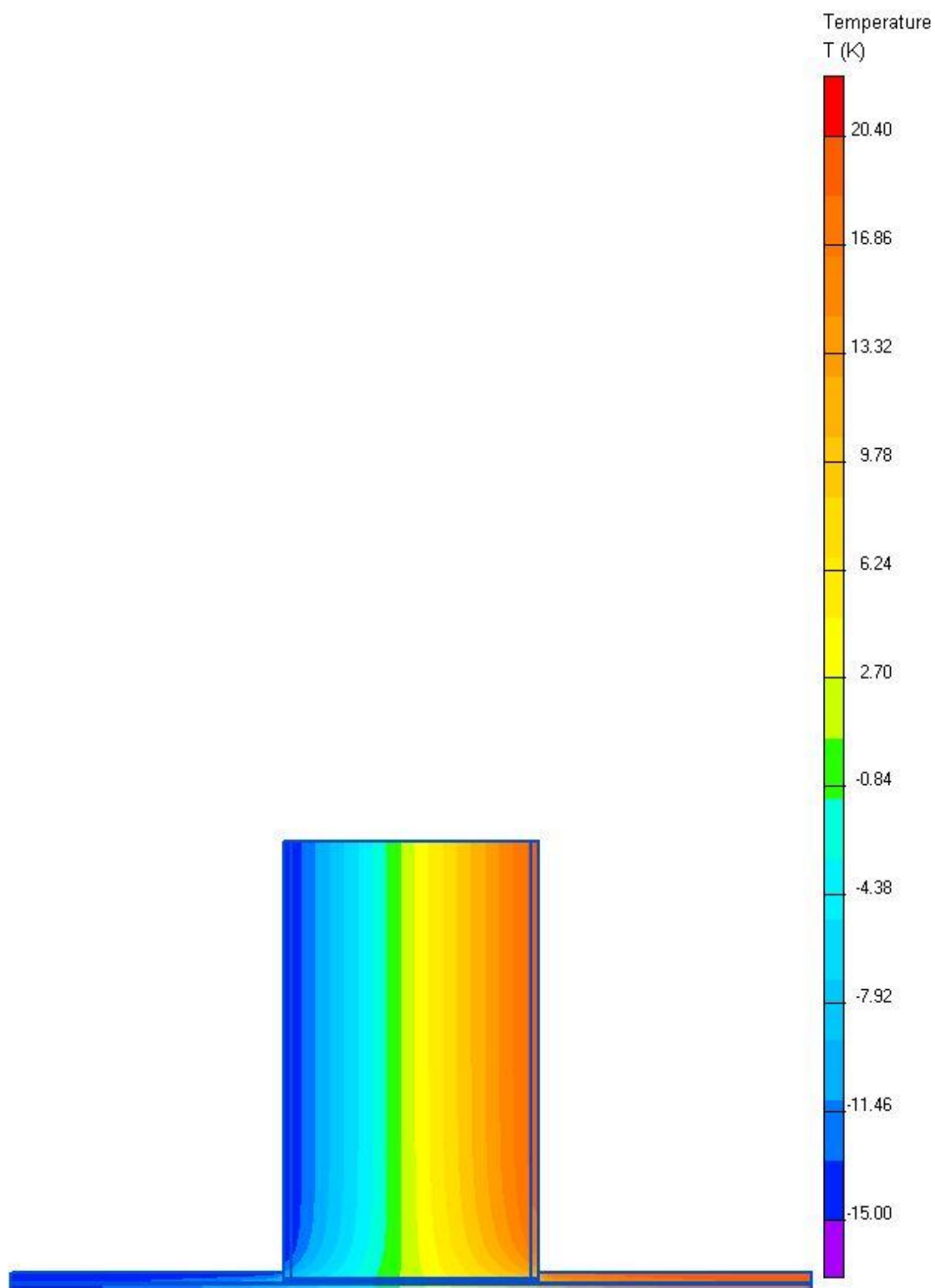
Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů tepelné vodivosti

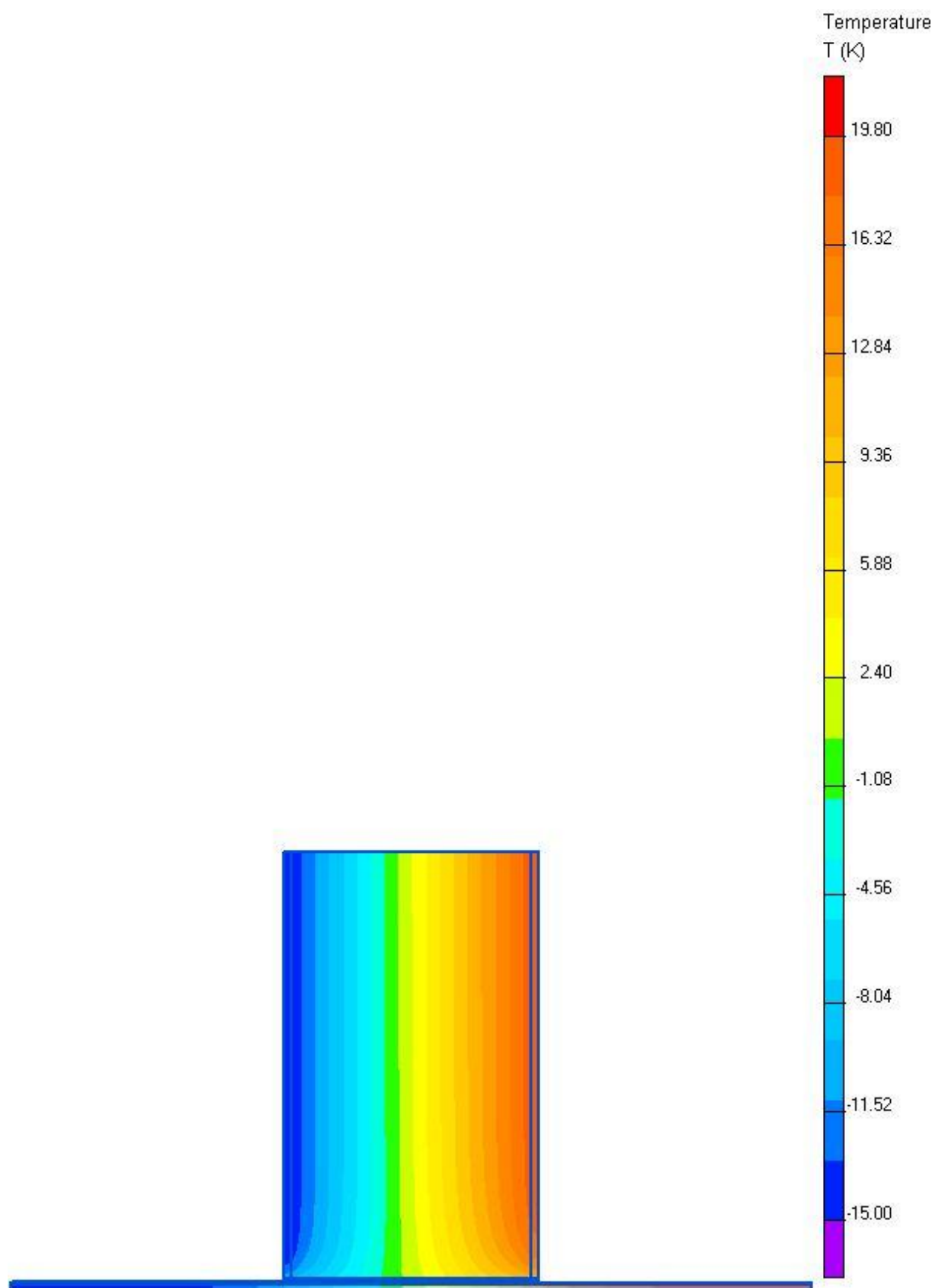


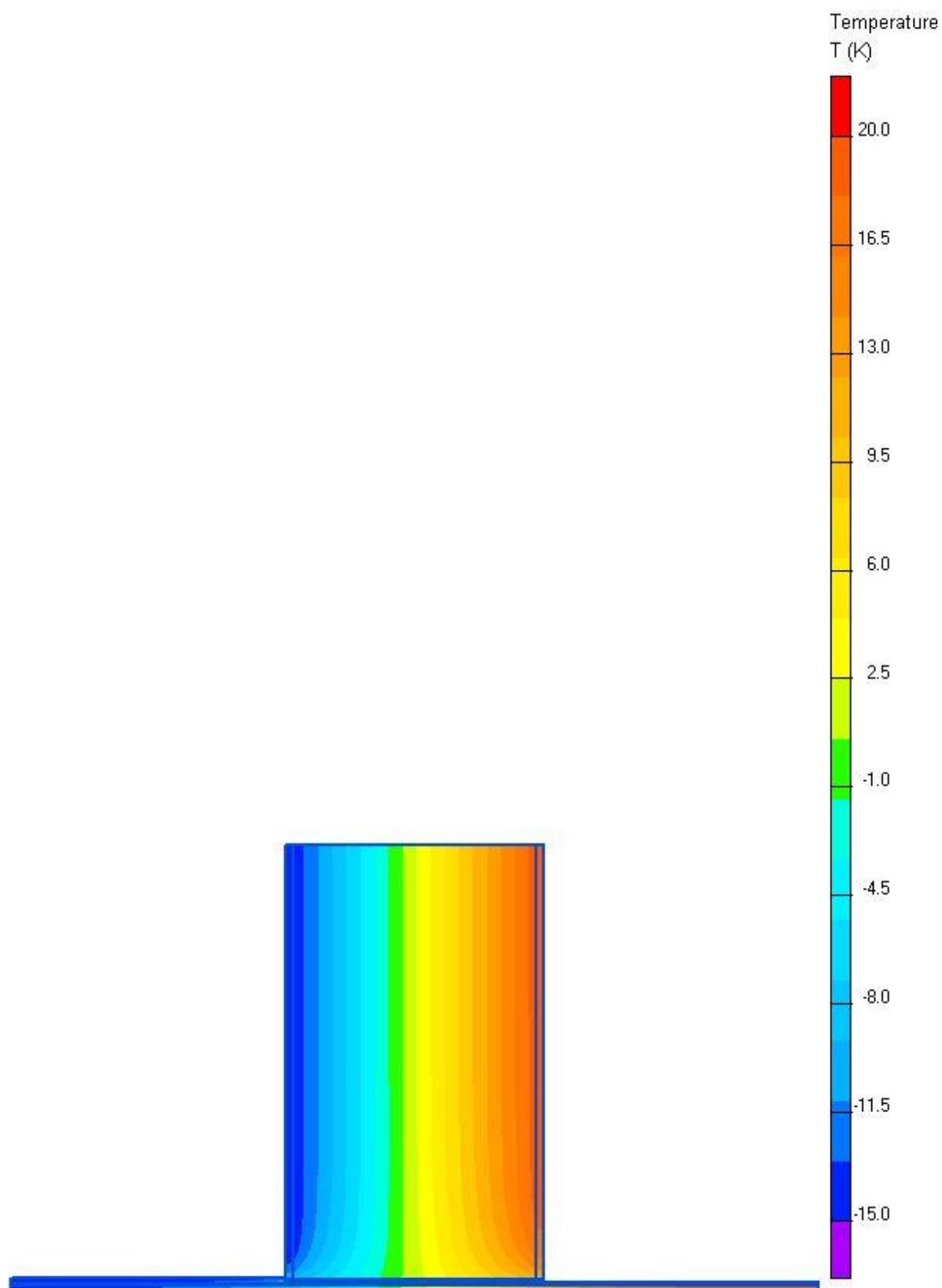


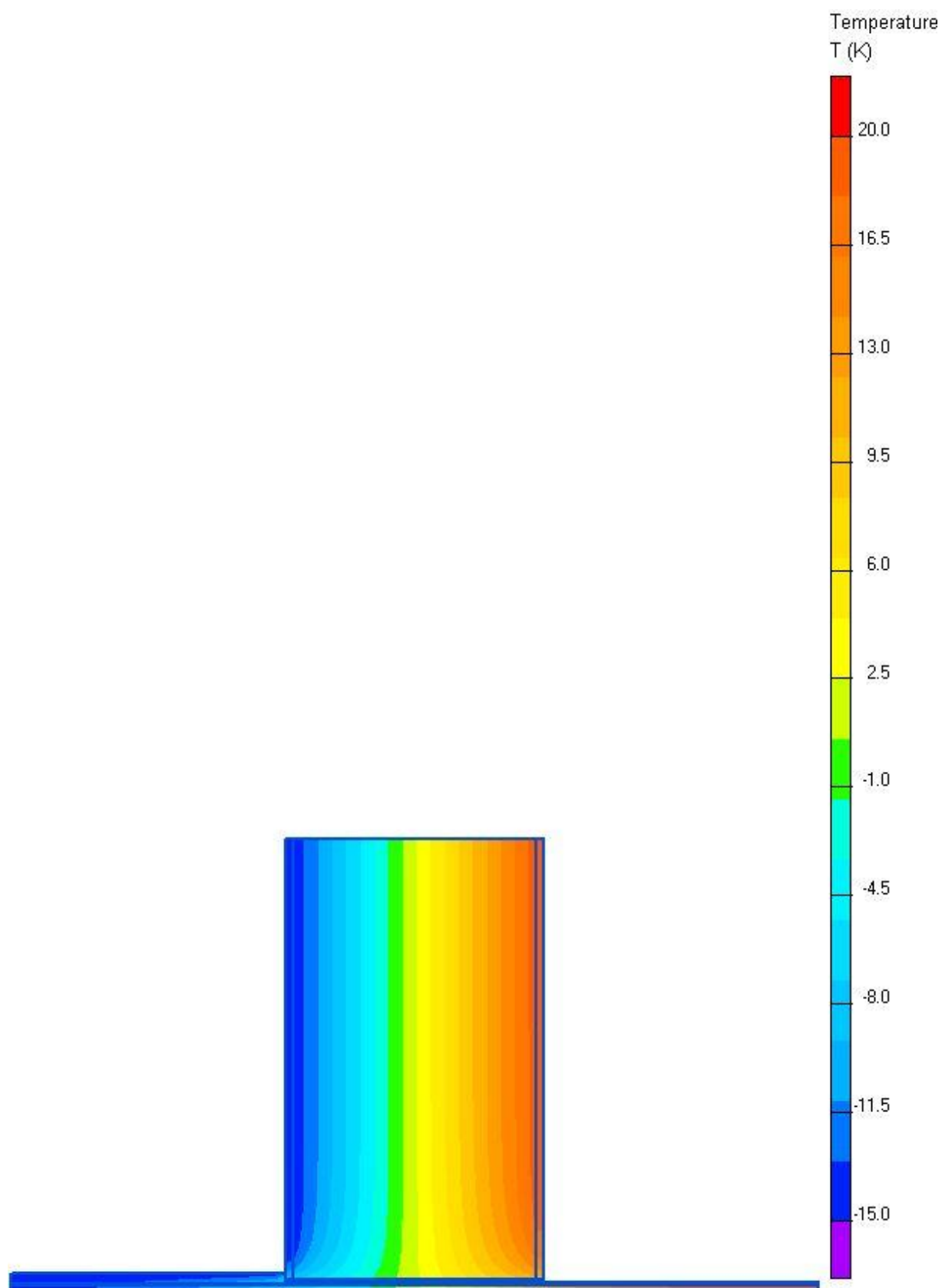












Detail 09

Detail 09 představuje nadpraží okna v půdní nástavbě. Opět jde o příklad z praxe. Projektant navrhl nad okny ocelový překlad ze dvou svařených „U“ profilů, nad kterými byla dřevěná pozednice. Tepelná izolace uložená mezi krokviemi měla přesahovat z exteriéru přes ocelový nosník. V tomto místě vzniká jednak tepelný most v rohu okenního rámu a ocelového nosníku a dále je zde problematický průběh kondenzace na ocelové konstrukci v místech, kde ji nelze ošetřovat.

Detail 09 Varianta 01

Tato varianta 01 představuje projektované řešení s ocelovým nosníkem.

Detail 09 Varianta 02

Varianta 02 představuje stejný detail jako varianta 01, bylo přidáno 40 mm EPS.

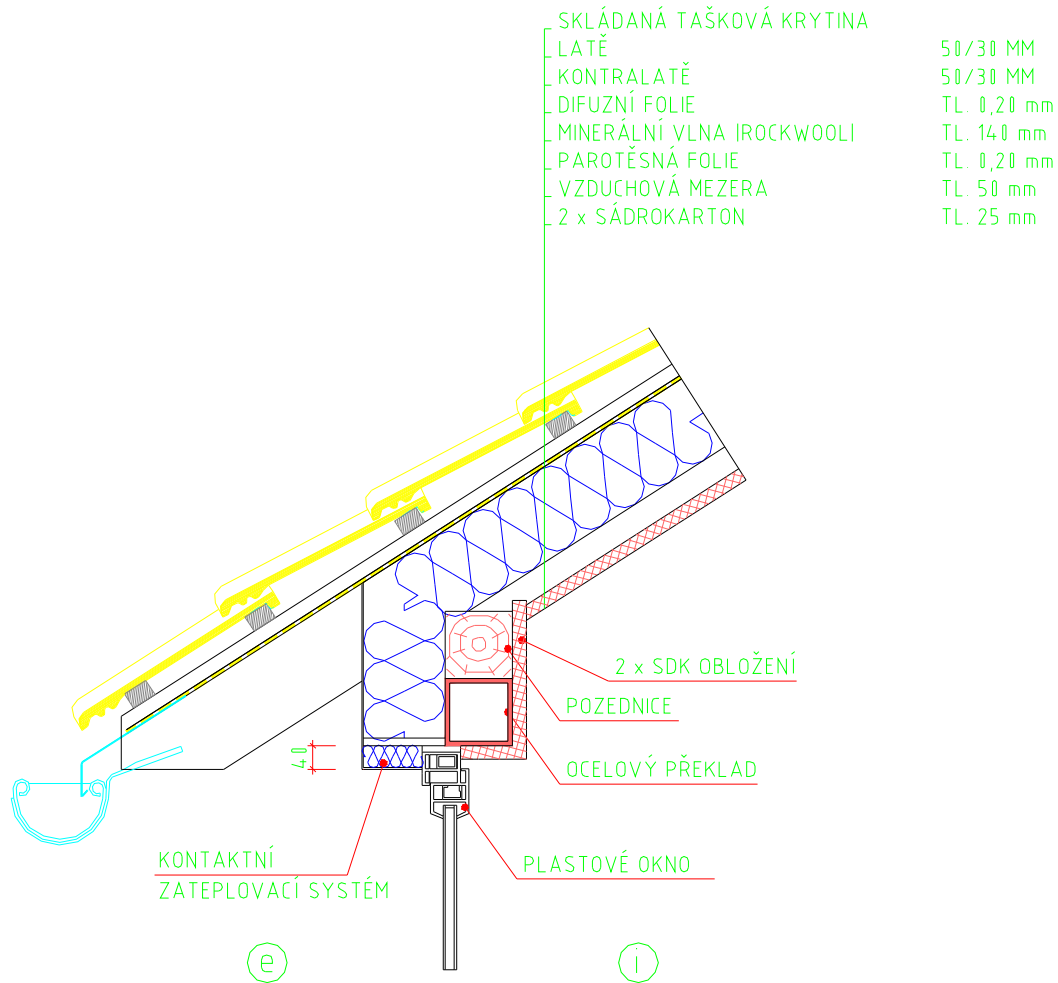
Detail 09 Varianta 03

Varianta 03 představuje stejný detail jako varianta 01, ocelový nosník byl nahrazen dřevěným.

Detail 09 Varianta 04

Varianta 04 představuje stejný detail jako varianta 03, bylo přidáno 40 mm EPS.

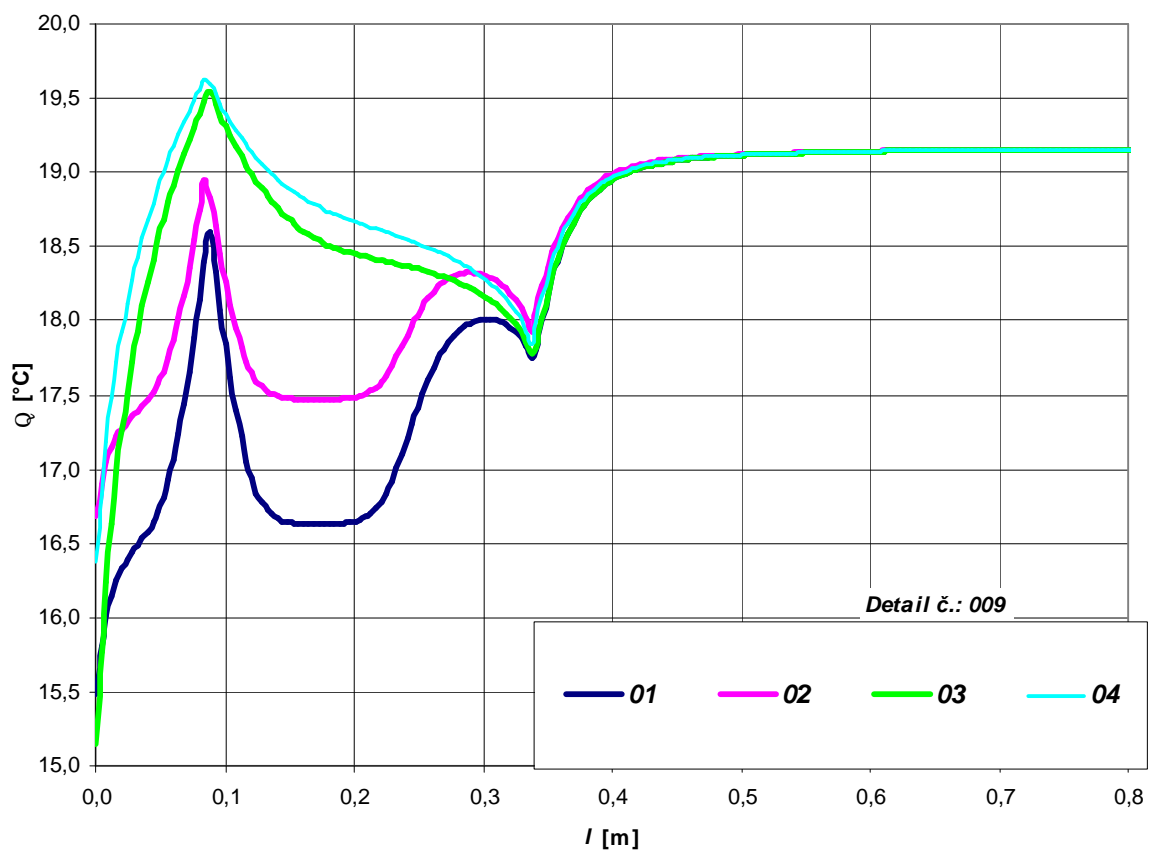
Schématický obrázek detailu 09



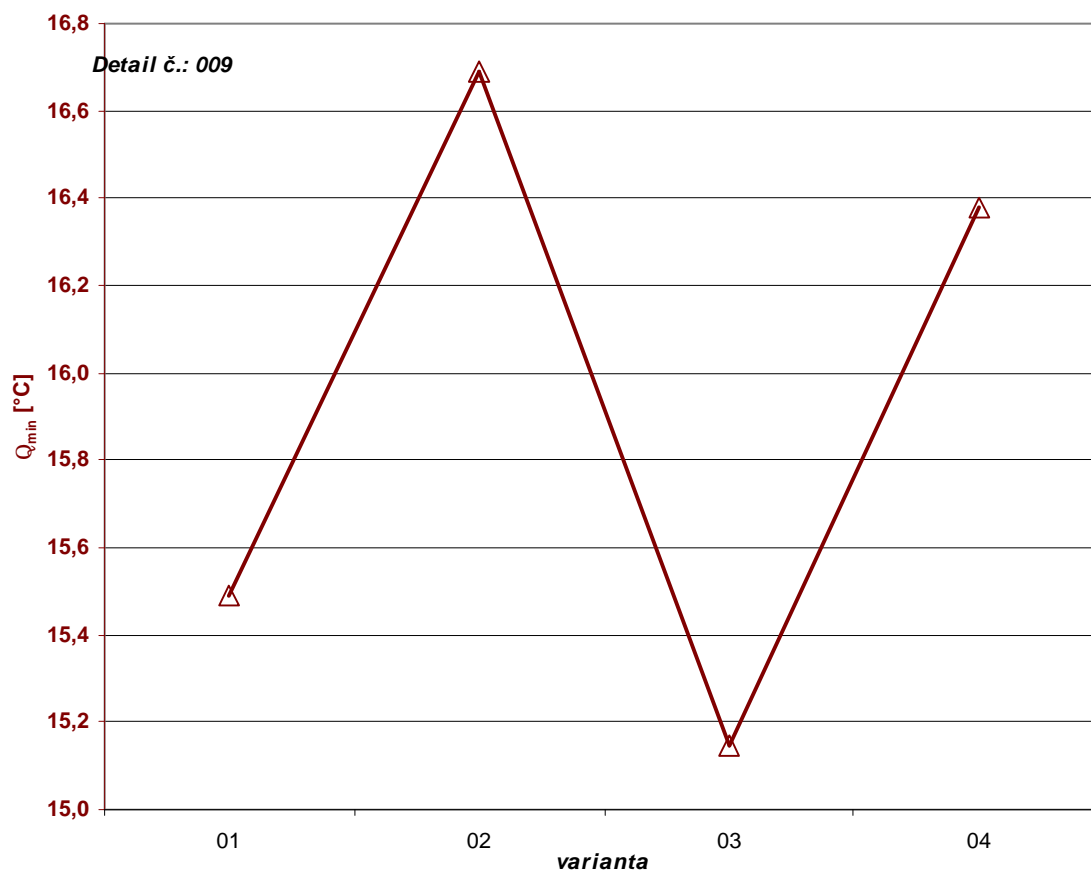
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

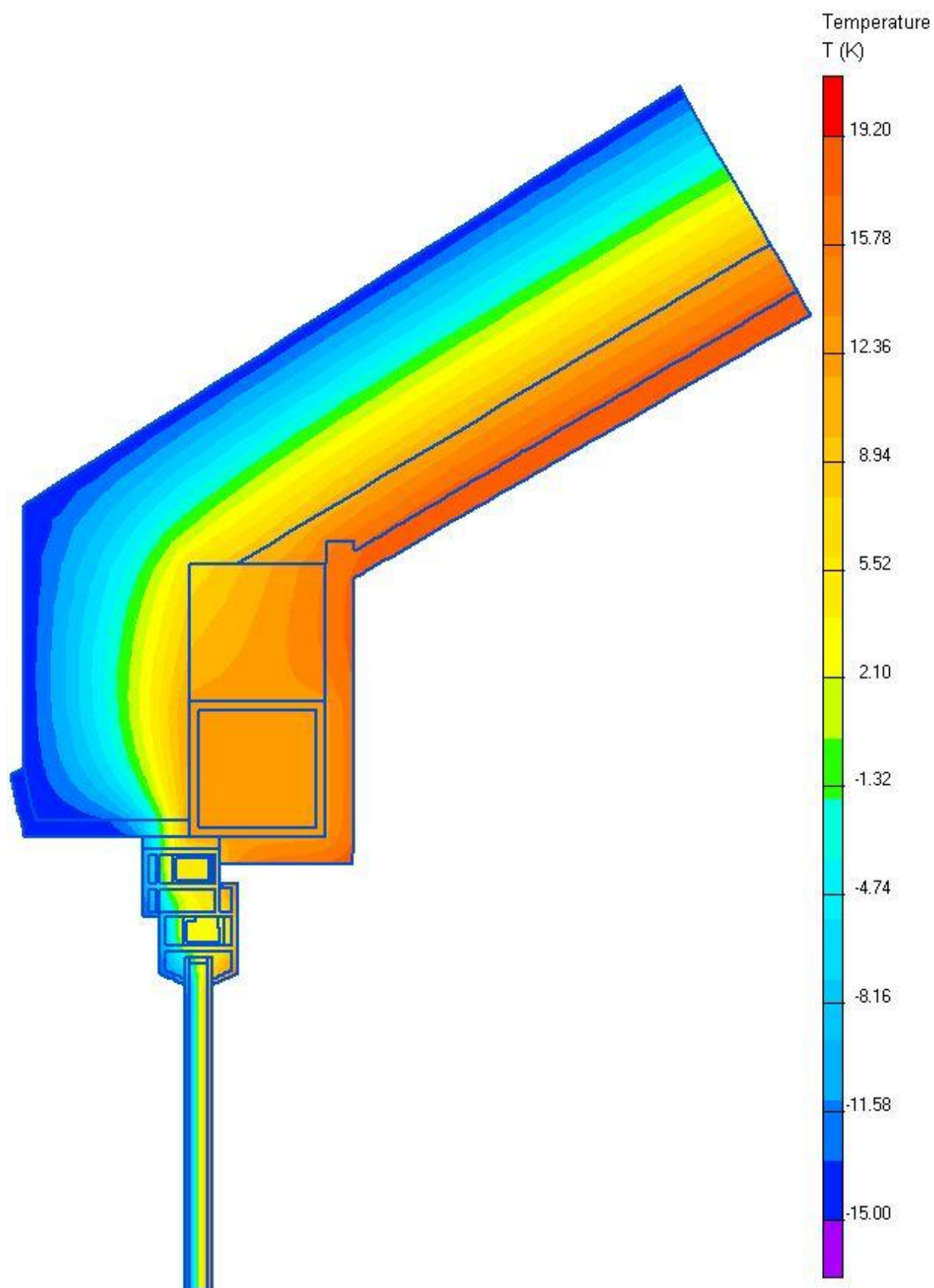
009 Nadpraží okna v podkroví		
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)	$Q_{si,min}$
	zdivo	°C
01	Ocelový překlad nezateplený	15,49
02	Ocelový překlad + 40 mm EPS	16,69
03	Dřevěný překlad	15,15
04	Dřevěný překlad + 40 mm EPS	16,38

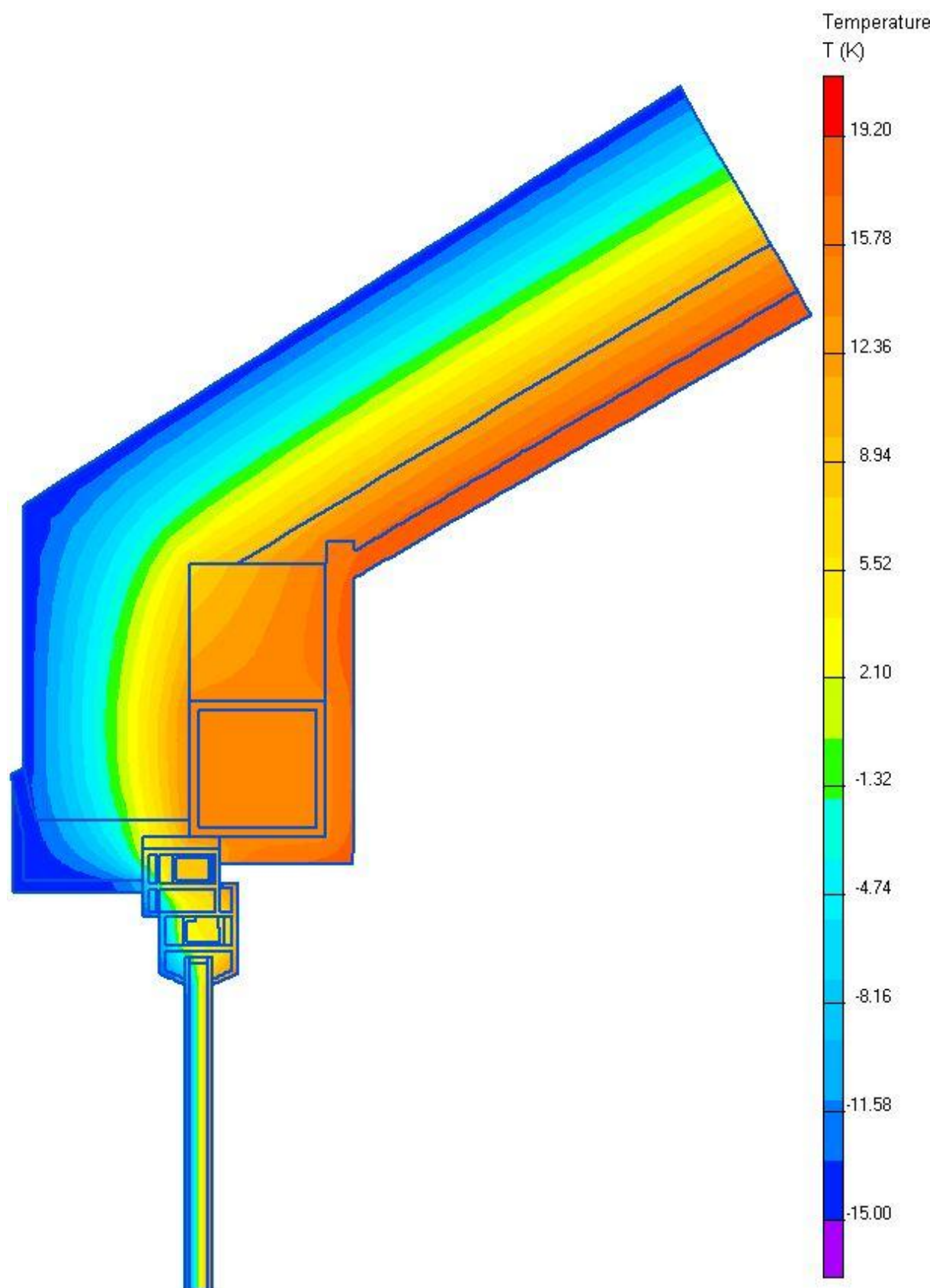
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

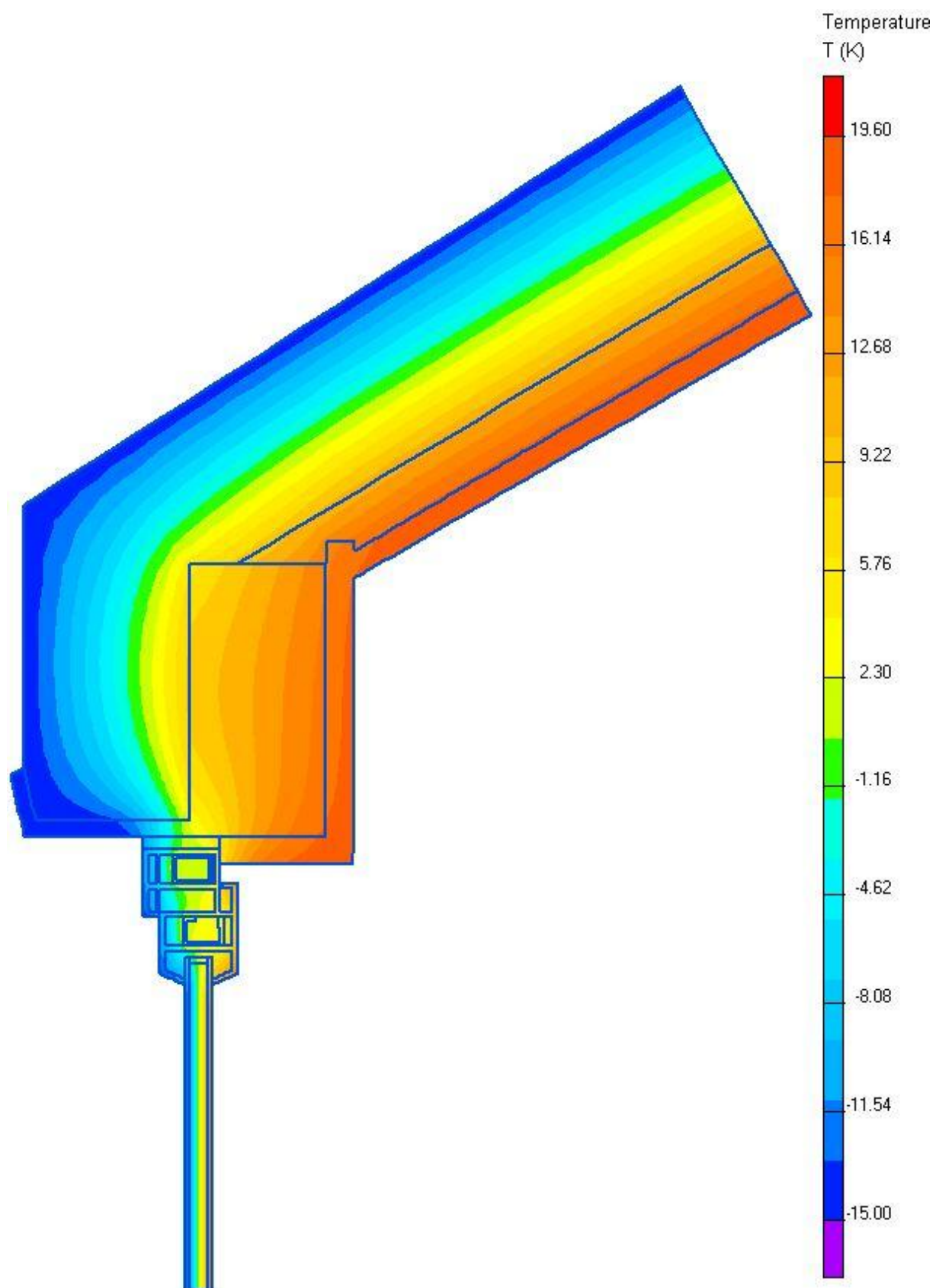


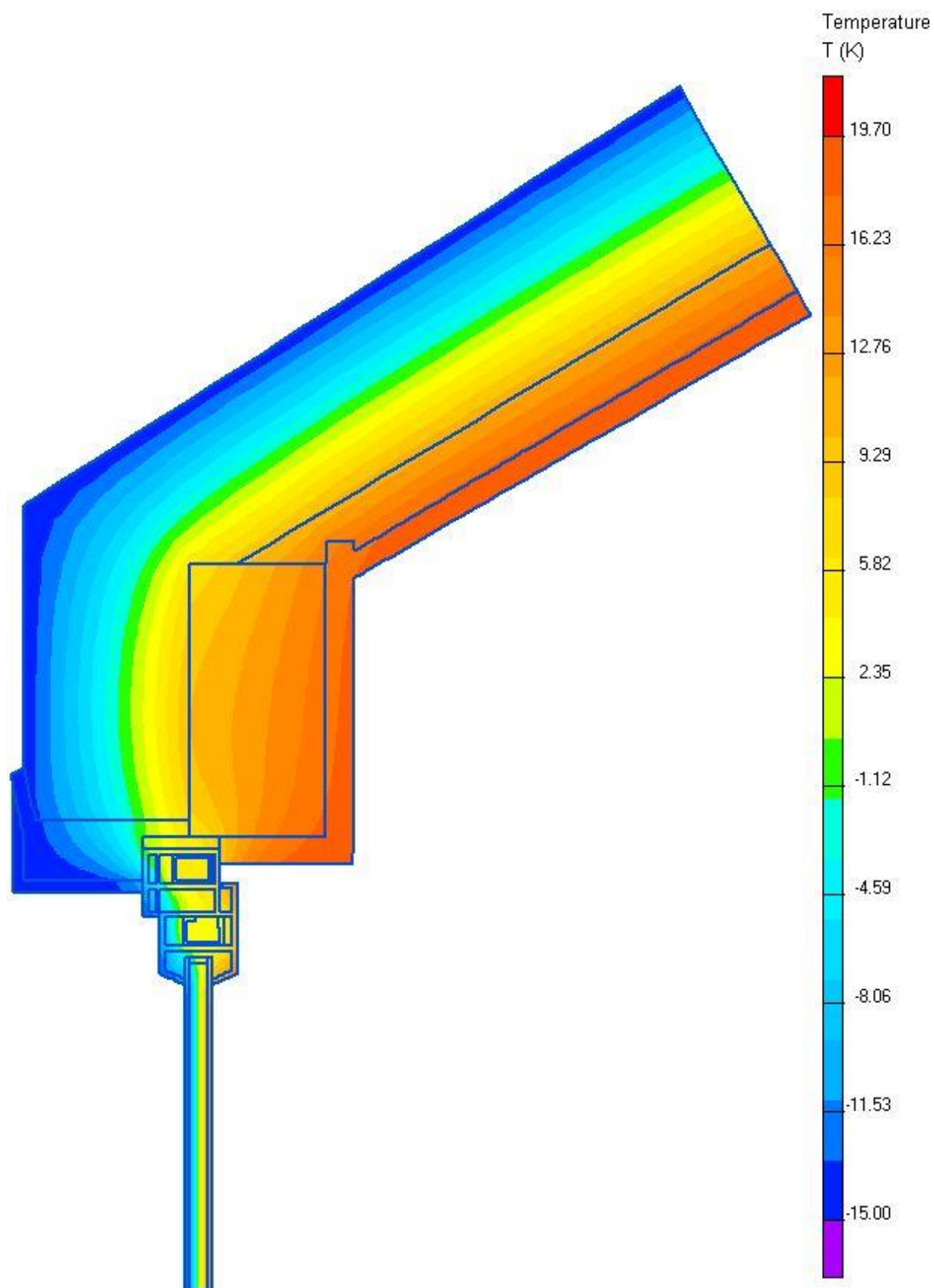
**Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů
tepelné vodivosti**











Detail 10

Detail 10 představuje niku např. pro HUP nebo elektroměrovou kapličku. Při výpočtu bylo uvažována nika bez tepelné izolace, s tepelnou izolací na svislé stěně a nebo s tepelnou izolací svisle i vodorovně. Jako zdivo byly zvoleny cihly Supe®therm STI 44 a bylo uvažováno s jejich anizotropií.

Detail 10 Varianta 01

Varianta 1 představuje vysekanou niku ve zdivu bez jakékoliv tepelné izolace.

Detail 10 Varianta 02

Jako varianta 1, ale na ostění bylo přidáno 30 mm EPS.

Detail 10 Varianta 03

Jako varianta 1, ale na ostění bylo přidáno 50 mm EPS.

Detail 10 Varianta 04

Jako varianta 1, ale na zadní stěnu bylo přidáno 30 mm EPS.

Detail 10 Varianta 05

Jako varianta 1, ale na zadní stěnu bylo přidáno 50 mm EPS.

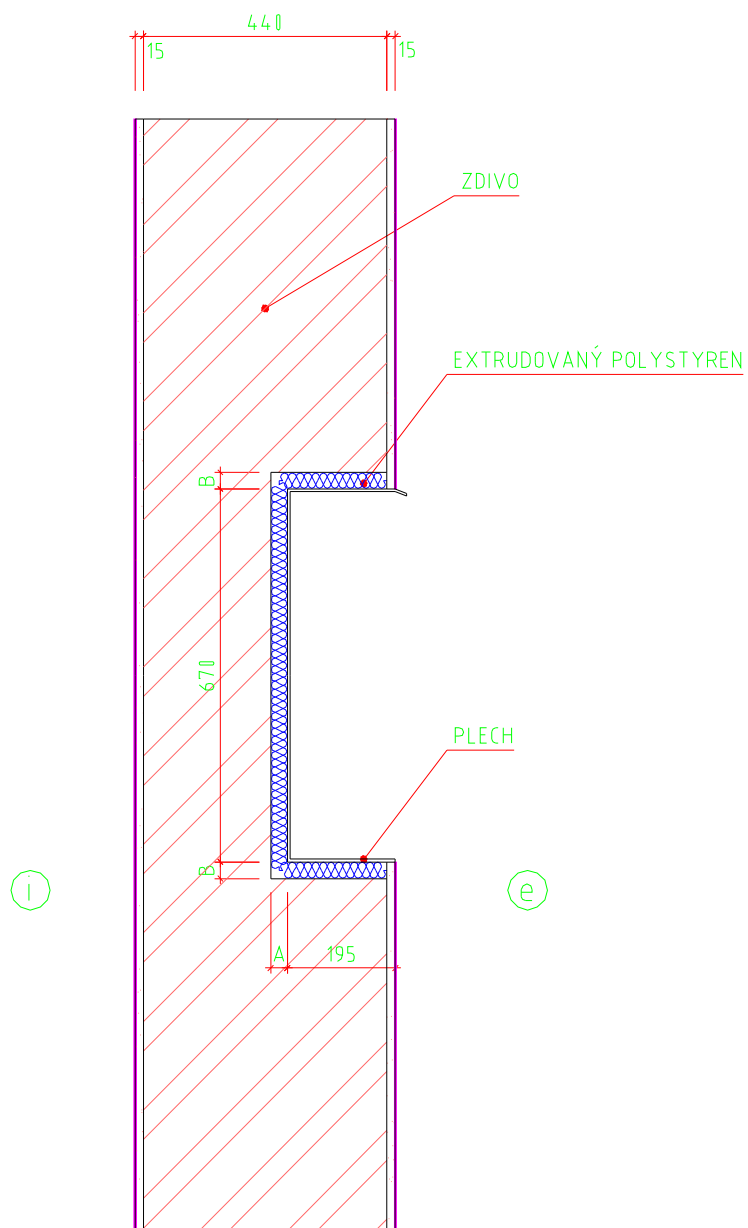
Detail 10 Varianta 06

Jako varianta 1, ale celá nika uvnitř byla obložena 30 mm EPS.

Detail 10 Varianta 07

Jako varianta 1, ale celá nika uvnitř byla obložena 50 mm EPS.

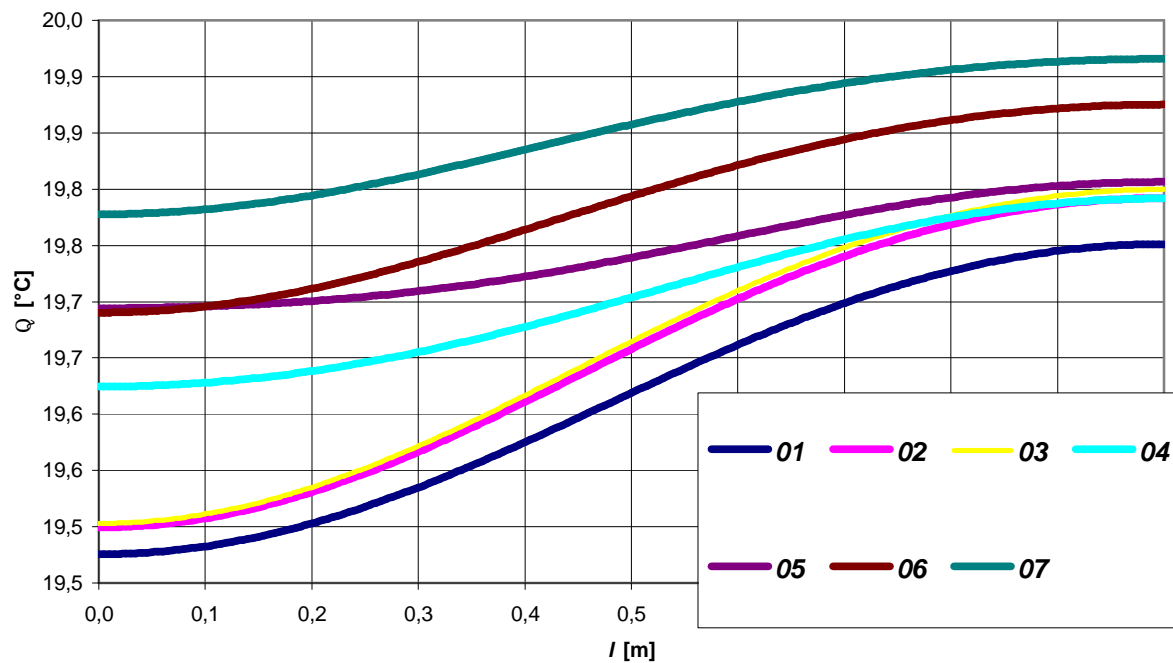
Schématický obrázek detailu 10



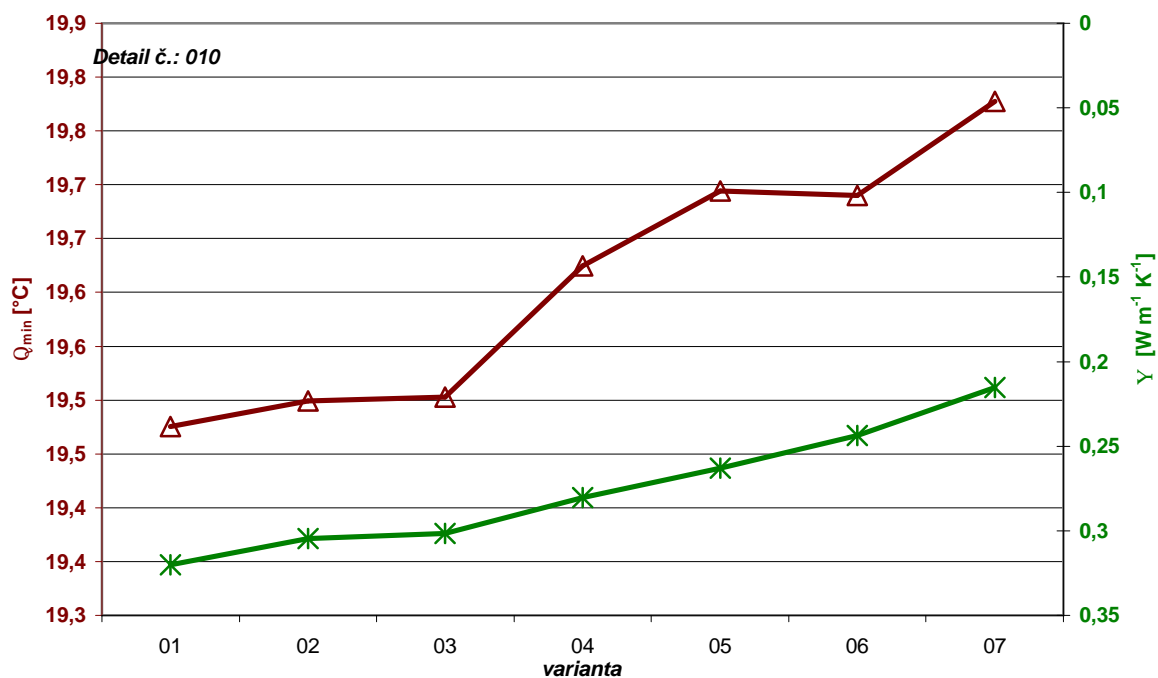
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

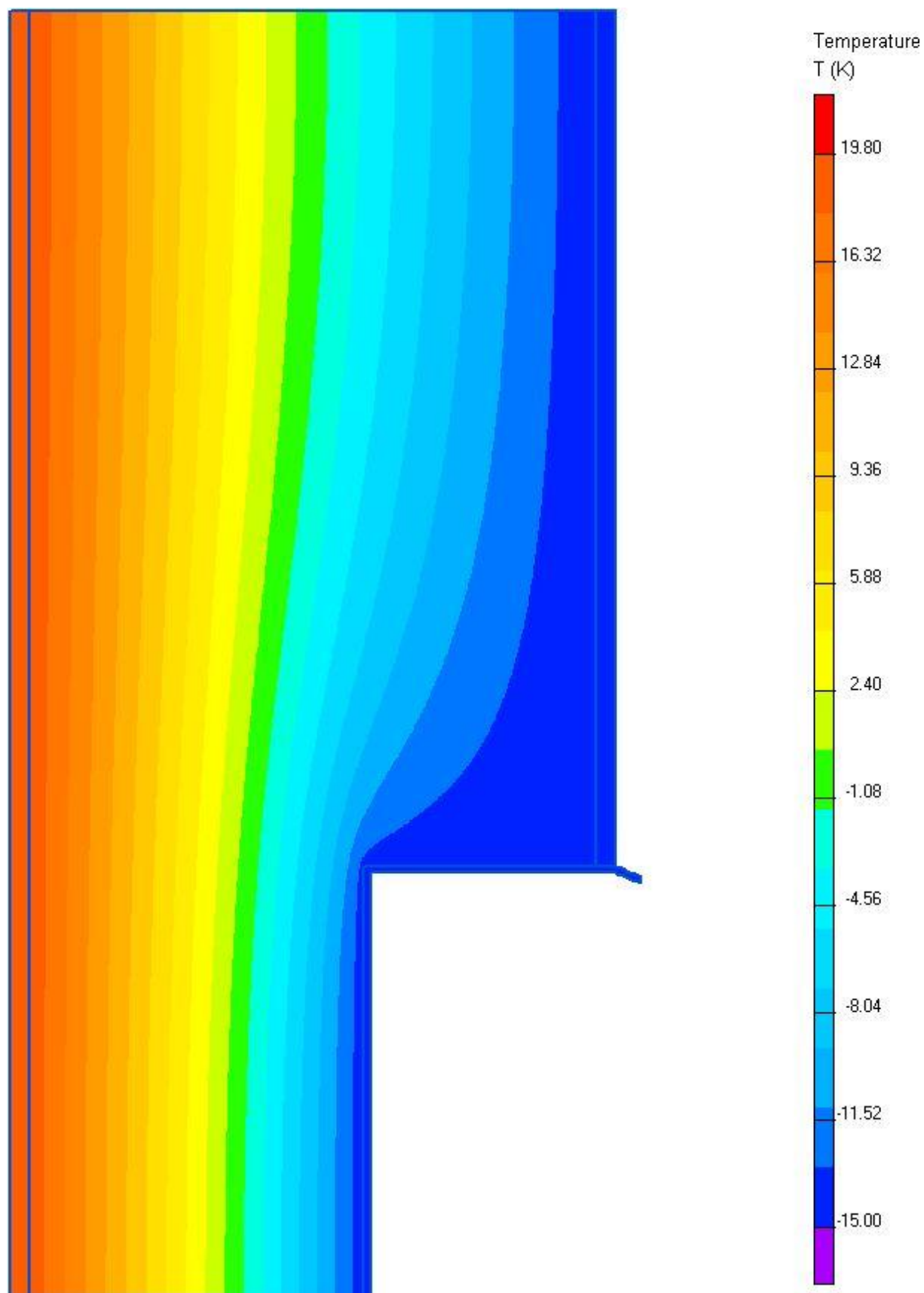
010 Nika v obvodovém zdivu (plyn, elektro)					
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)			Y	$Q_{si,min}$
	zdivo	A	B	$W m^{-1} K^{-1}$	°C
01	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	0	0	0,32	19,48
02	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	0	30	0,30	19,50
03	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	0	50	0,30	19,50
04	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	30	0	0,29	19,62
05	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	50	0	0,26	19,69
06	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	30	30	0,24	19,69
07	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	50	50	0,22	19,78

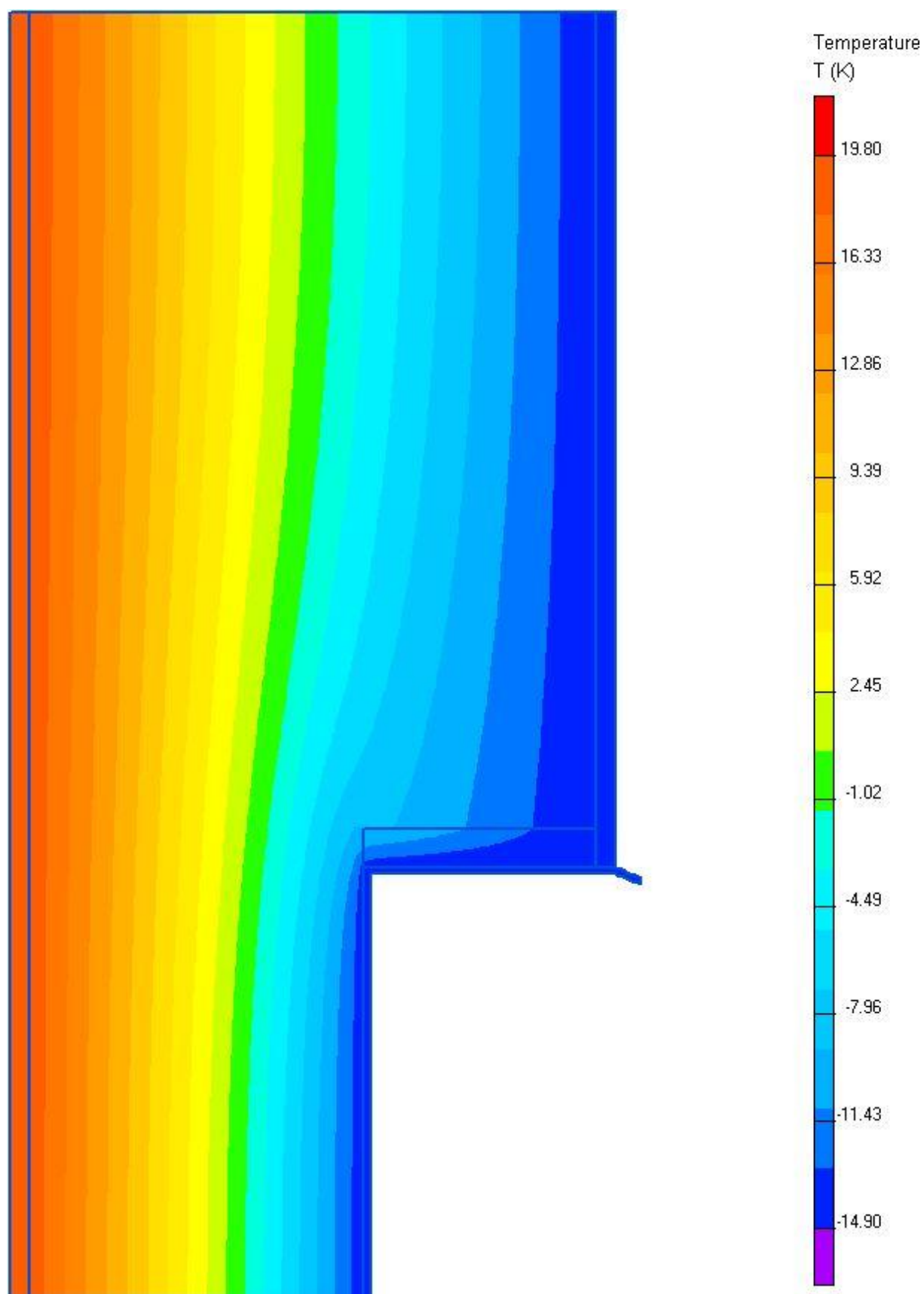
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

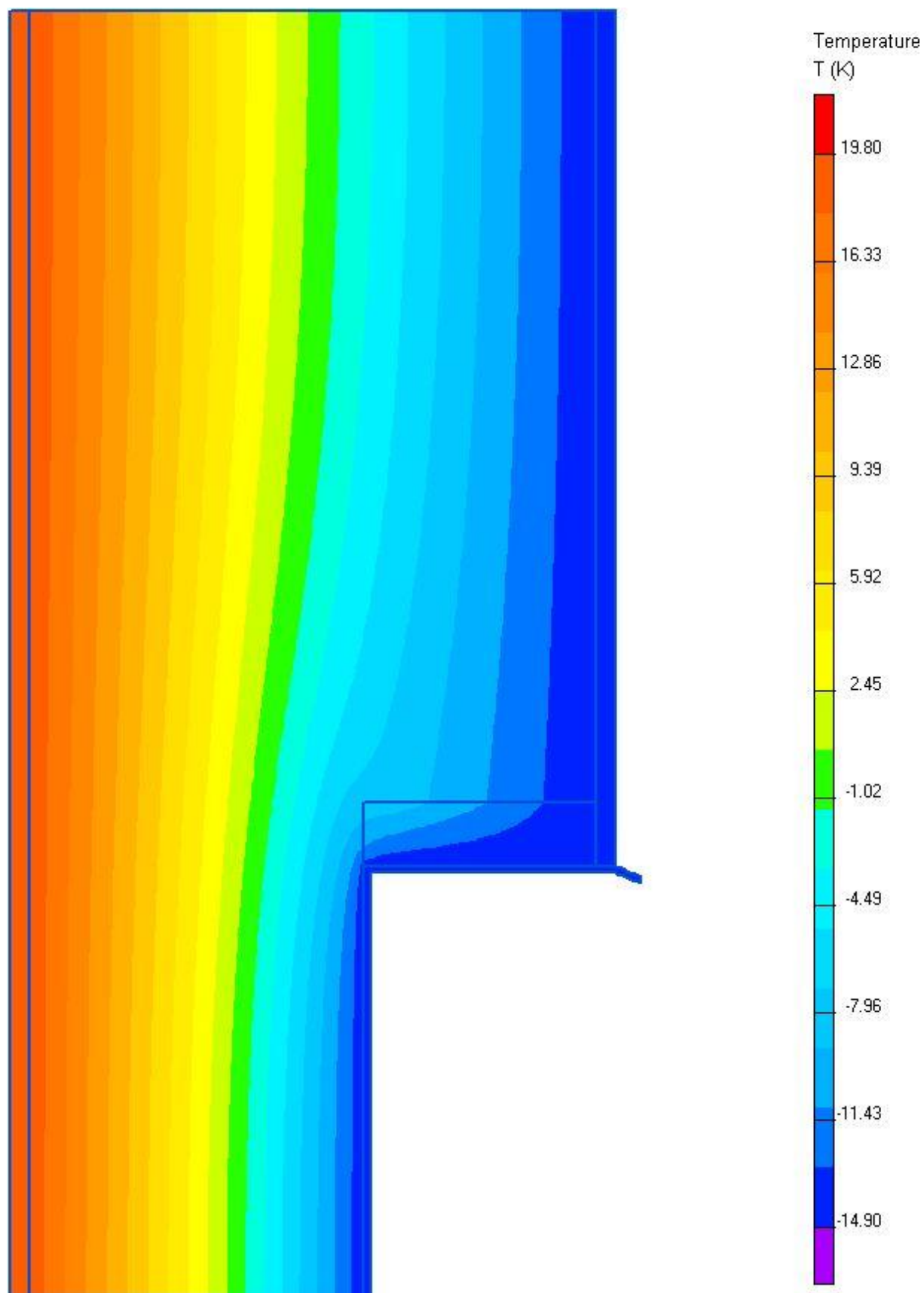


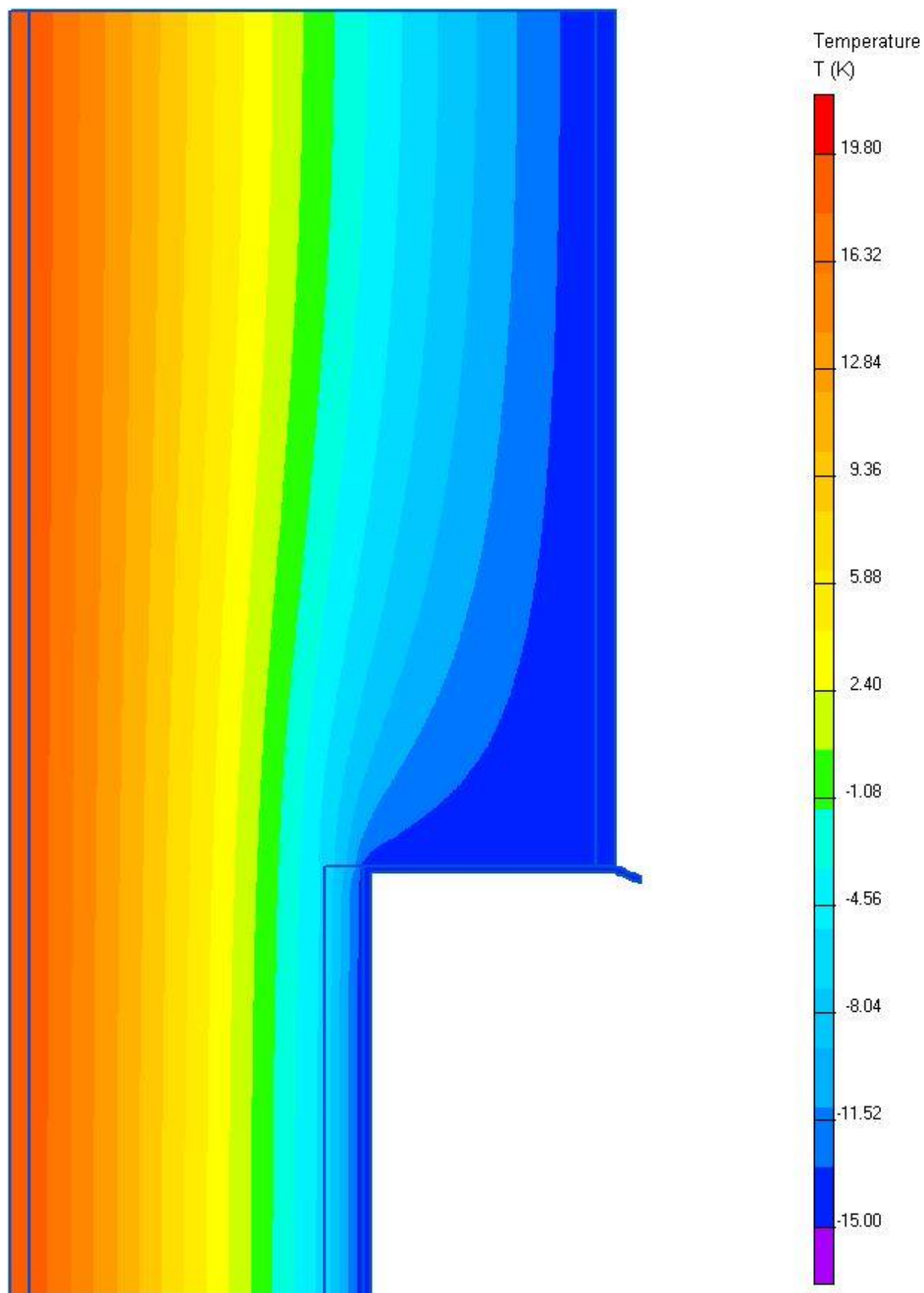
Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů tepelné vodivosti

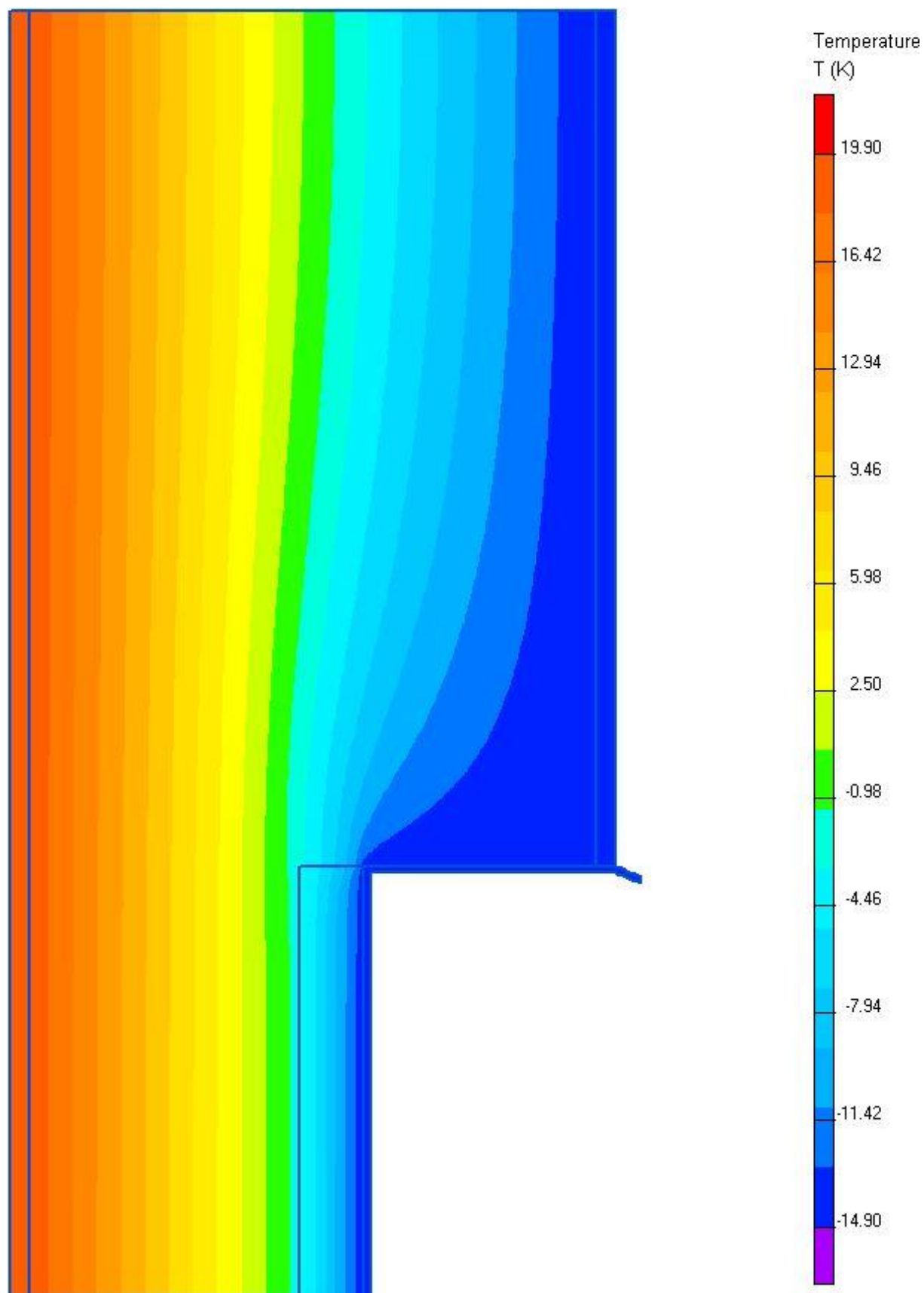


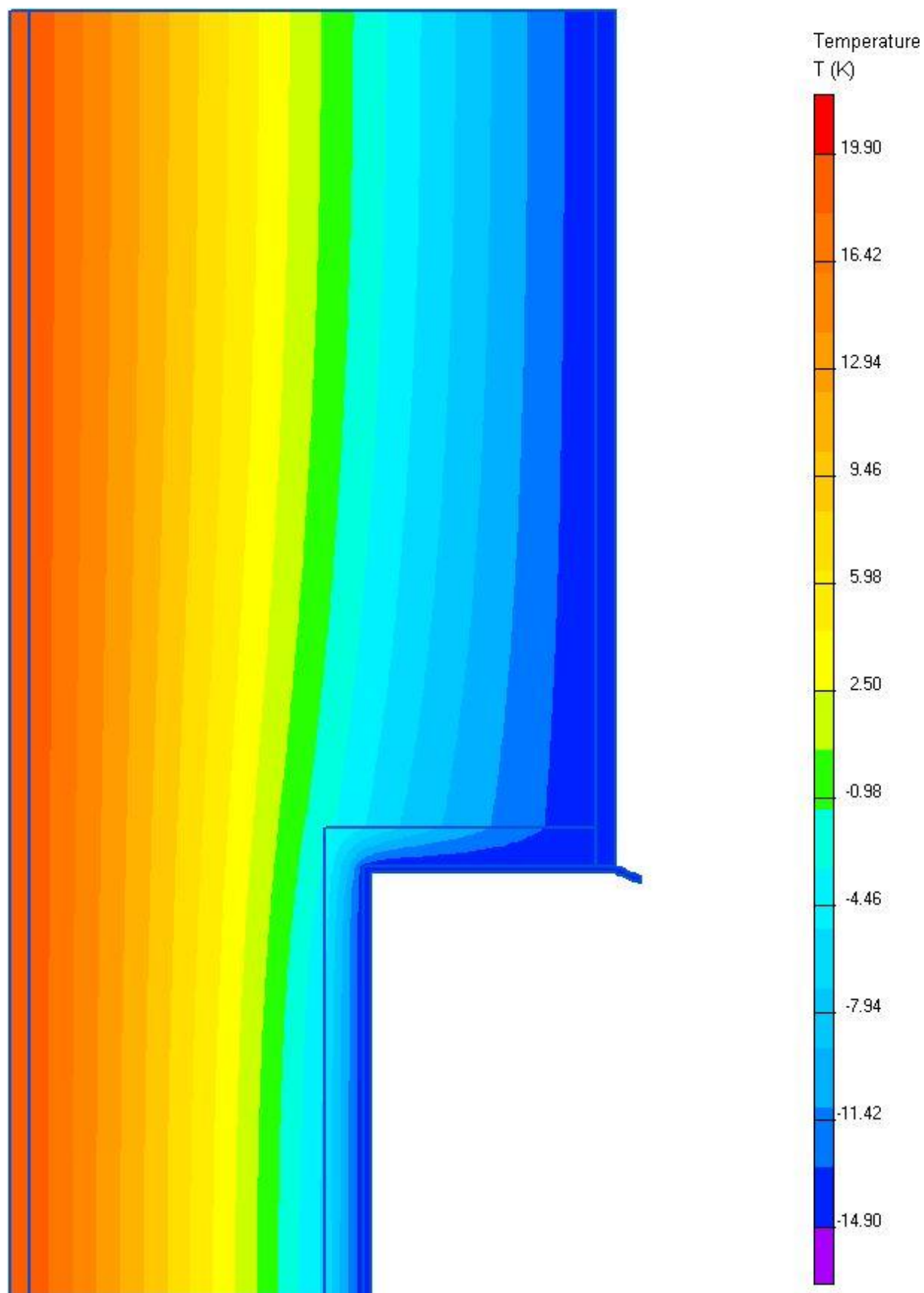


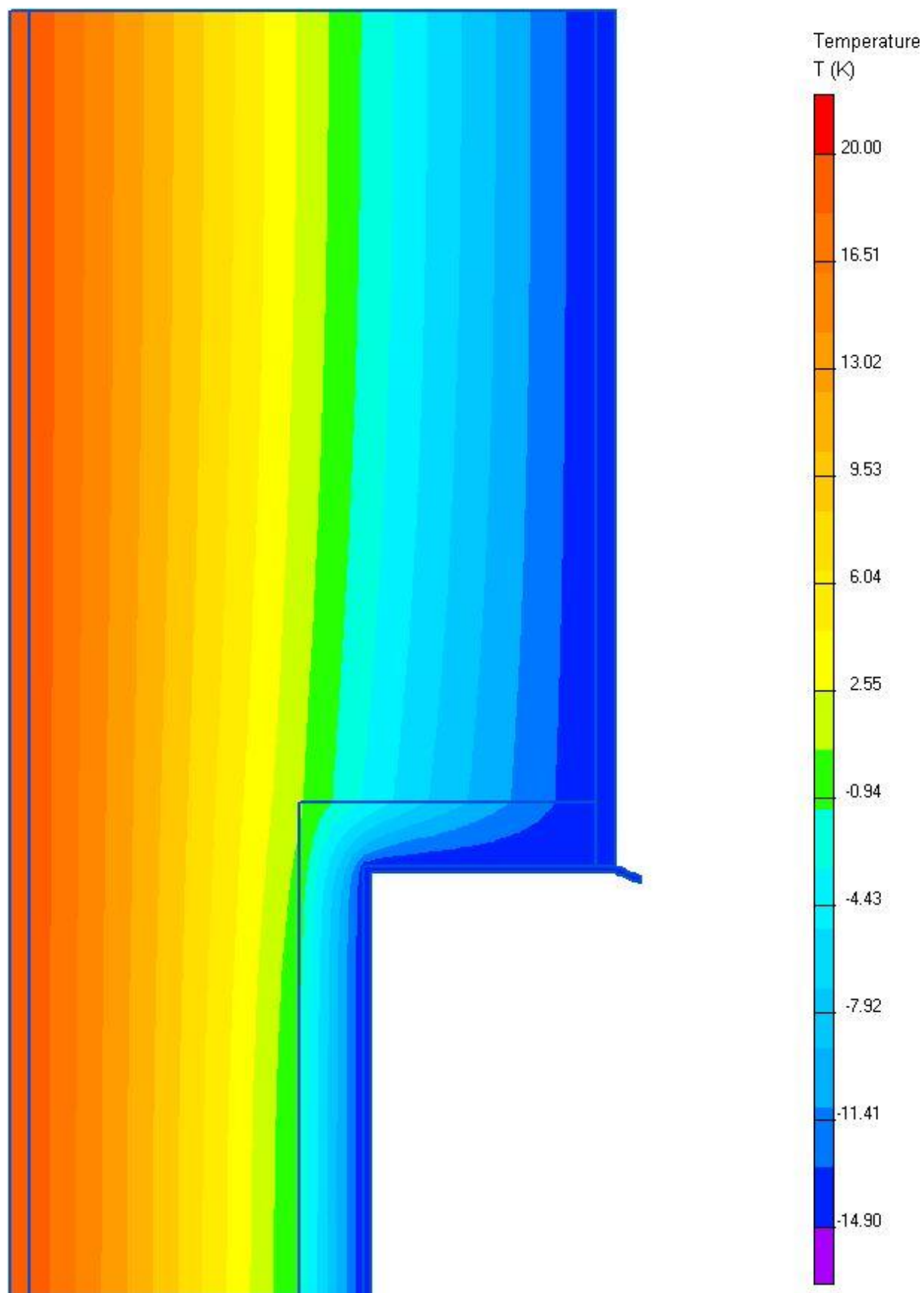












Detail 11

Detail 11 představuje klasický roh stavby. U zdiva z cihel jsme uvažovali jeho anizotropii. Předpokládali jsme, že u jedné zdi probíhá zdivo až na roh se stejnou orientací tvárnic a u druhé zdi probíhá toto zdivo pouze k vnitřnímu rohu. Tento předpoklad je sice blíže pravdě než uvažování izotropního materiálu, ale pravděpodobně by se došlo k ještě o málo horším výsledkům, pokud bychom celý detail počítali trojrozměrně se zavedením anizotropie ve všech třech směrech.

Detail 11 Varianta 01

Varianta 1 představuje zdivo Supe®therm STI 44 při uvažování izotropních vlastností.

Detail 11 Varianta 02

Varianta 02 představuje zdivo Supe®therm STI 44 při uvažování anizotropních vlastností a klasické cihelné vazby.

Detail 11 Varianta 03

Varianta 03 představuje zdivo Supe®therm STI 44 při uvažování anizotropních vlastností, kdy v ose rohu probíhá změna os anizotropních vlastností.

Detail 11 Varianta 04

Varianta 04 představuje zdivo Supe®therm 44 P+D při uvažování izotropních vlastností.

Detail 11 Varianta 05

Varianta 05 představuje zdivo Supe®therm 44 P+D při uvažování anizotropních vlastností a klasické cihelné vazby.

Detail 11 Varianta 06

Varianta 03 představuje zdivo Supe®therm 44 P+D při uvažování anizotropních vlastností, kdy v ose rohu probíhá změna os anizotropních vlastností.

Detail 11 Varianta 07

Varianta 07 představuje zdivo z plynosilikátových tvárnic o tloušťce 375 mm.

Detail 11 Varianta 08

Varianta 08 představuje zdivo z plynosilikátových tvárnic o tloušťce 300 mm.

Detail 11 Varianta 09

Varianta 09 představuje zdivo Supe®therm 40 P+D při uvažování izotropních vlastností.

Detail 11 Varianta 10

Varianta 10 představuje zdivo Supe®therm 40 P+D při uvažování anizotropních vlastností.

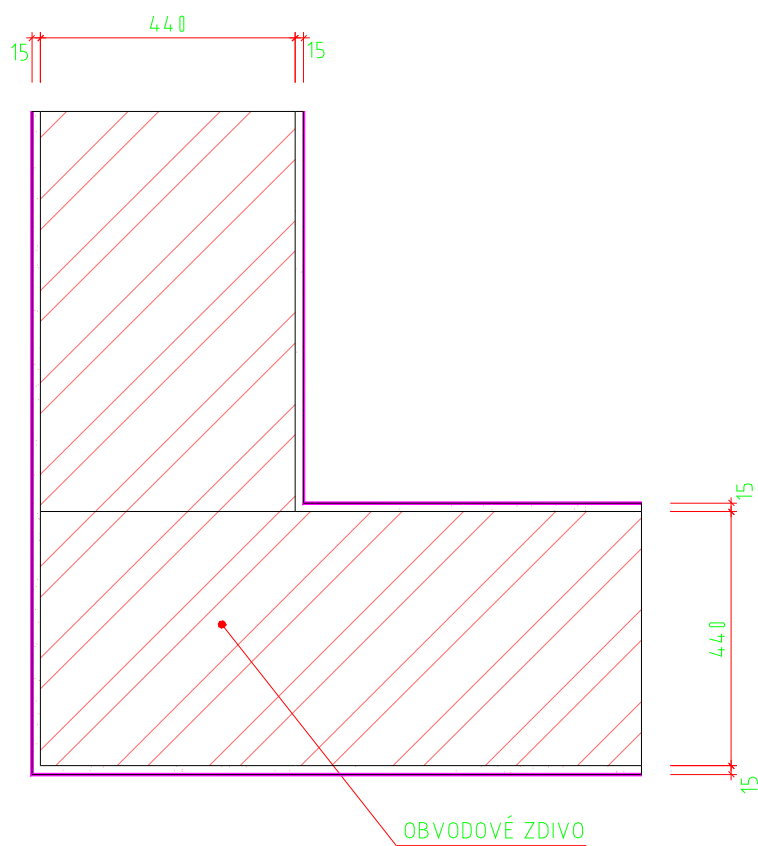
Detail 11 Varianta 11

Varianta 11 představuje sendvičové zdivo Therm tloušťky 190 mm a 120 mm EPS.

Detail 11 Varianta 12

Varianta 11 představuje sendvičové zdivo Therm tloušťky 190 mm a 160 mm EPS.

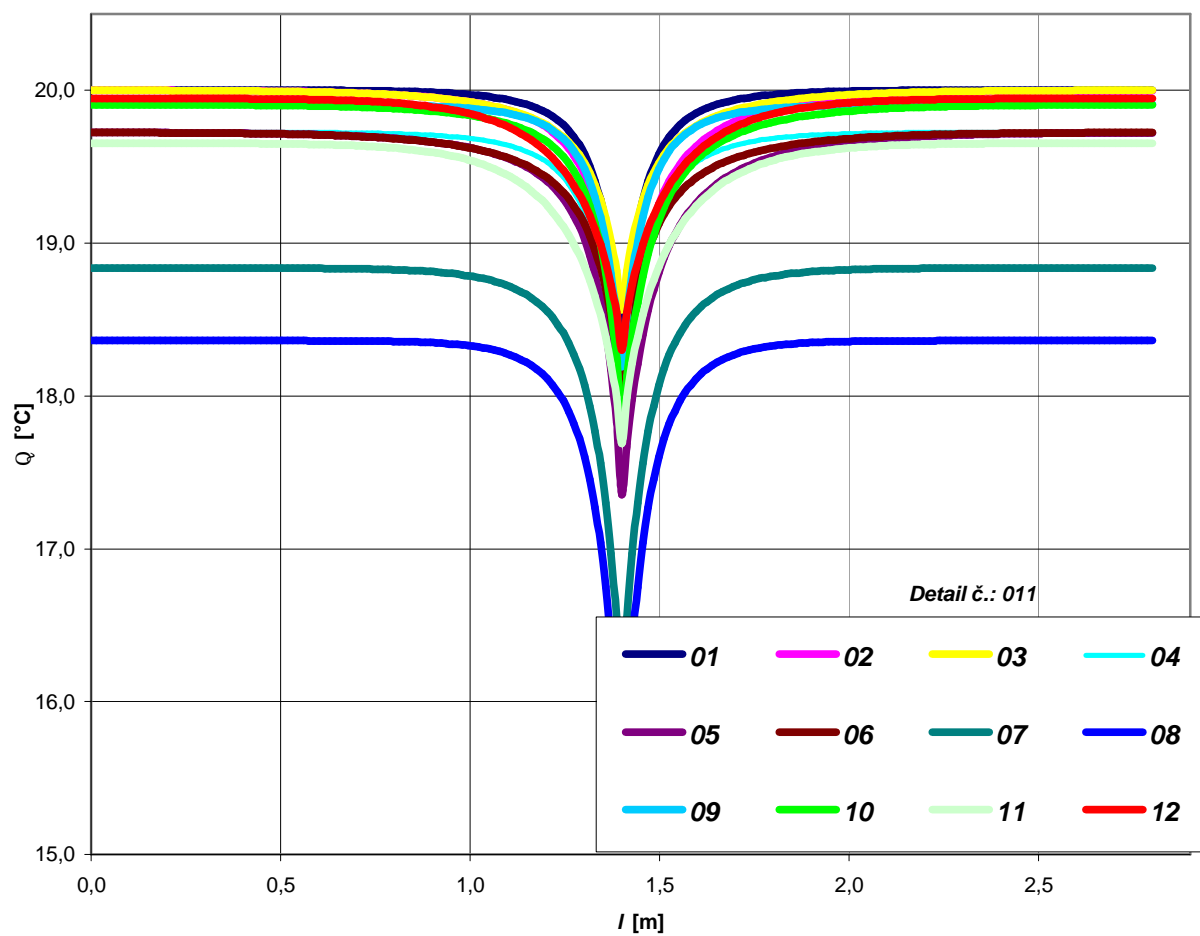
Schématický obrázek detailu 11



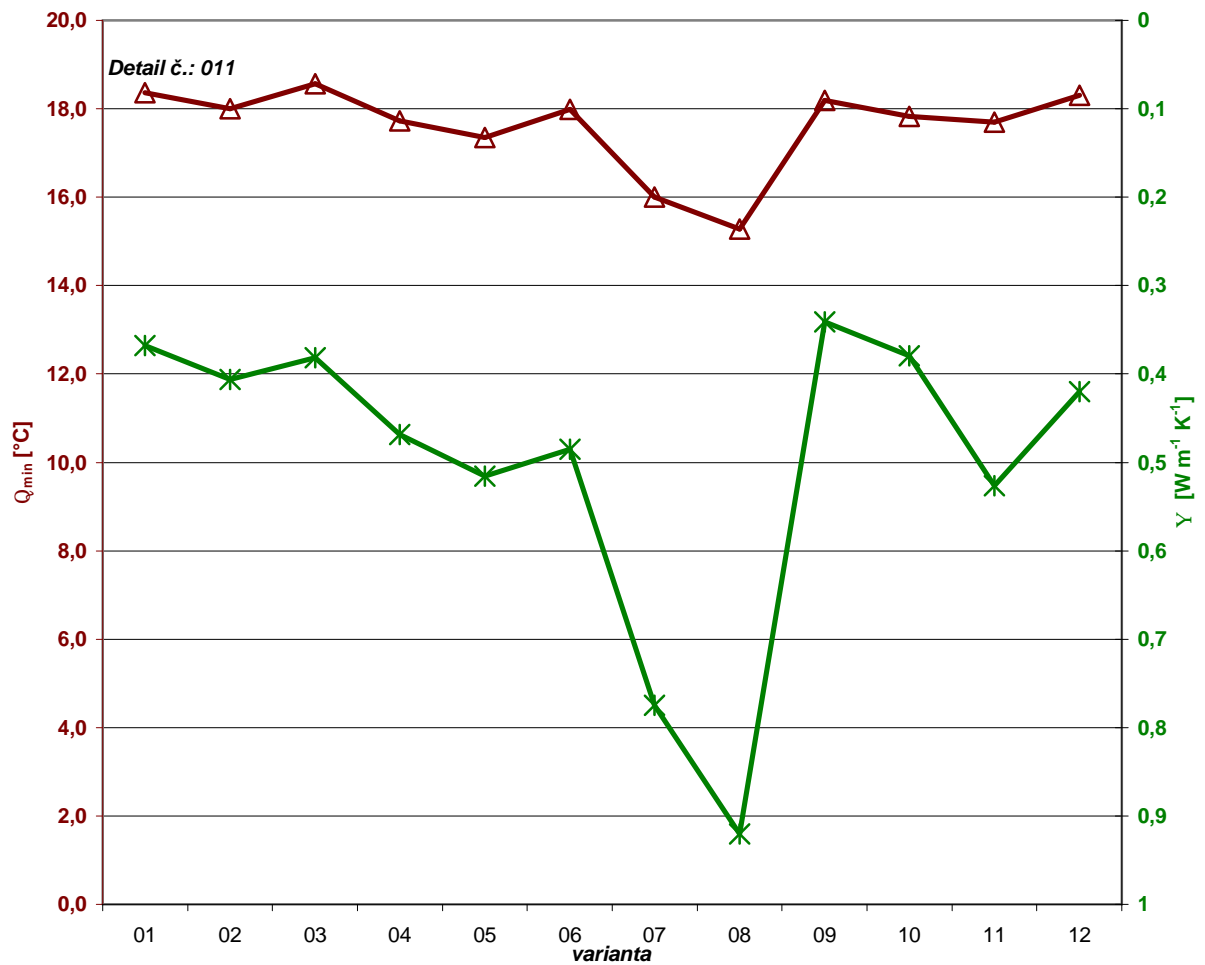
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

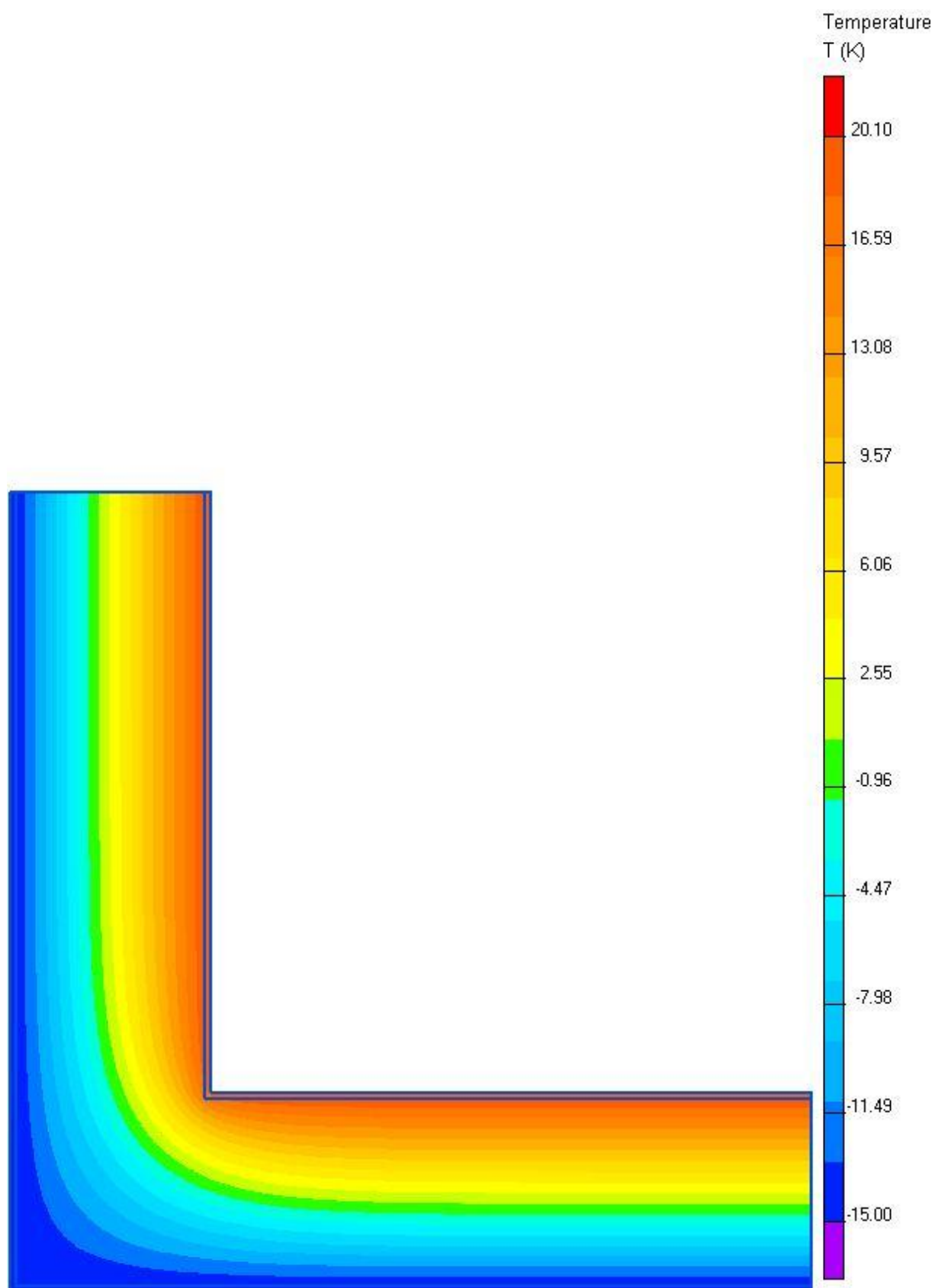
011 Roh dvou obvodových zdí			
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)	Y	$Q_{si,min}$
	zdivo	W m⁻¹ K⁻¹	°C
01	Supertherm STI 44	0,37	18,36
02	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ - vázané cihly	0,41	18,00
03	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ - dělené cihly	0,38	18,56
04	Supertherm 44 P+D	0,47	17,73
05	Supertherm 44 P+D ANIZOTROPNÍ - vázané cihly	0,52	17,35
06	Supertherm 44 P+D ANIZOTROPNÍ - dělené cihly	0,49	17,99
07	Plynosilikát tl. 300 mm	0,77	16,00
08	Plynosilikát tl. 375 mm	0,92	15,28
09	Supertherm 40 P+D	0,34	18,19
10	Supertherm 40 P+D ANIZOTROPNÍ - vázané cihly	0,38	17,82
11	120 mm EPS + Therm tl. 190 mm	0,53	17,69
12	160 mm EPS + Therm tl. 190 mm	0,42	18,30

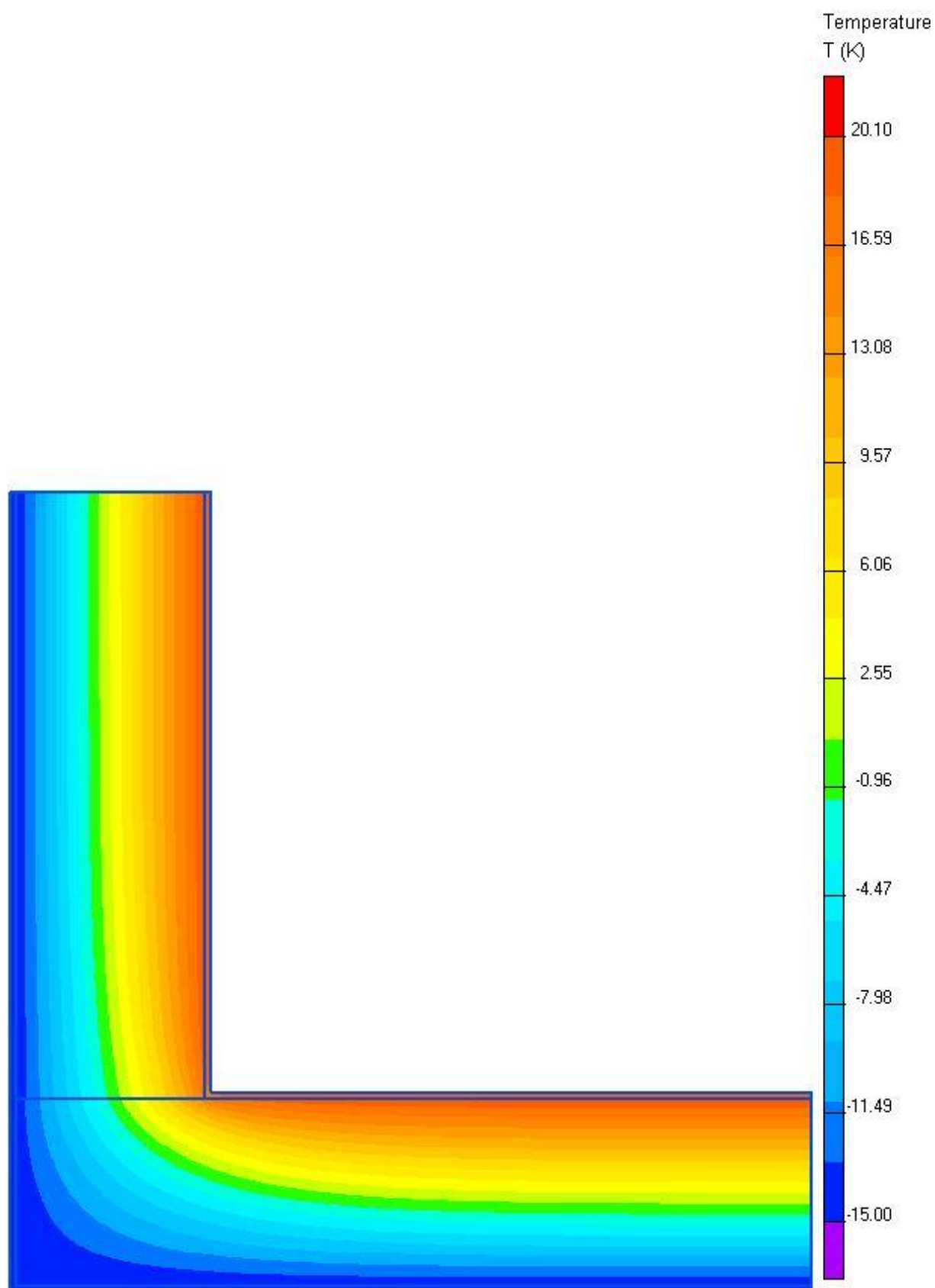
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

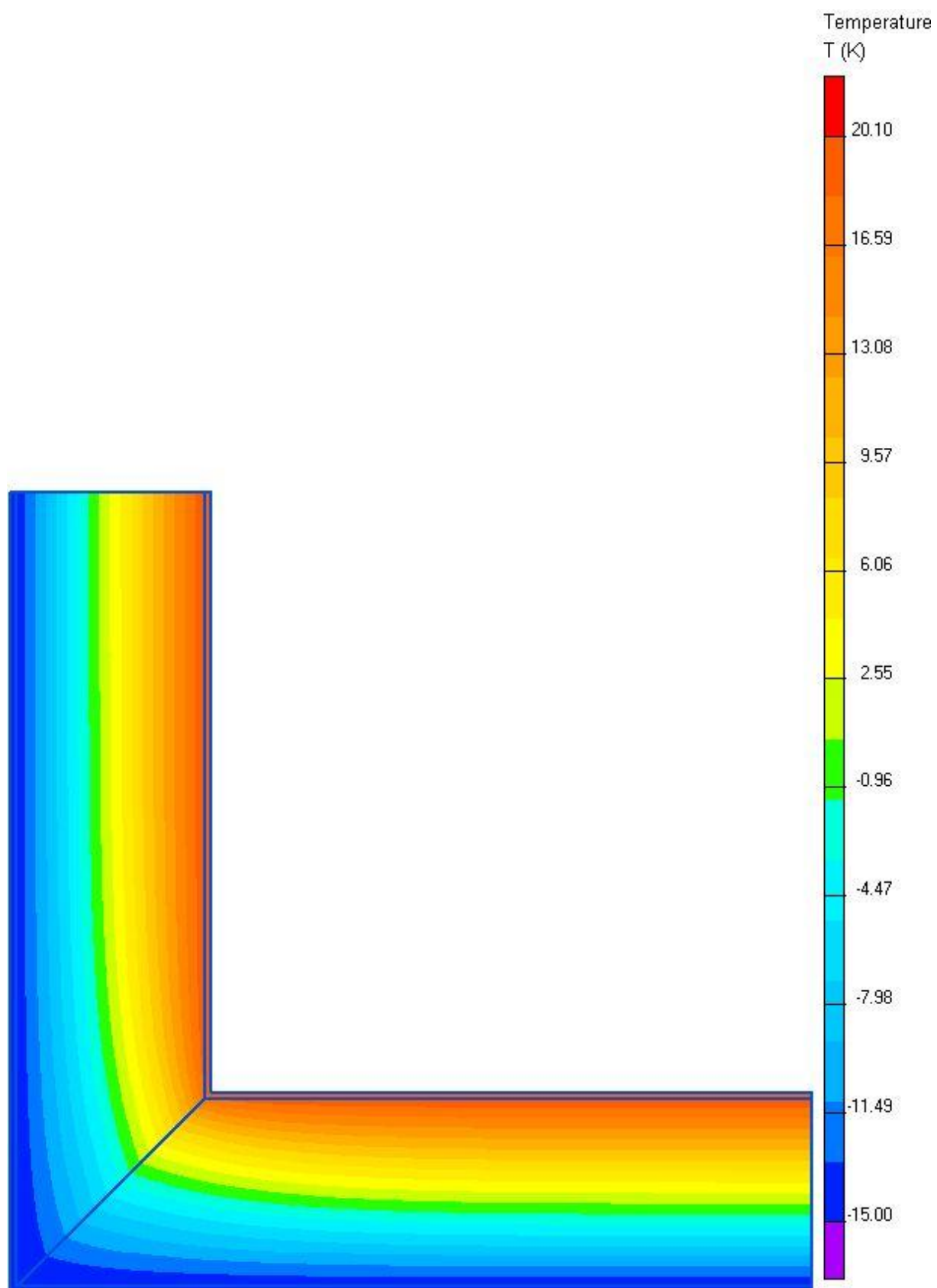


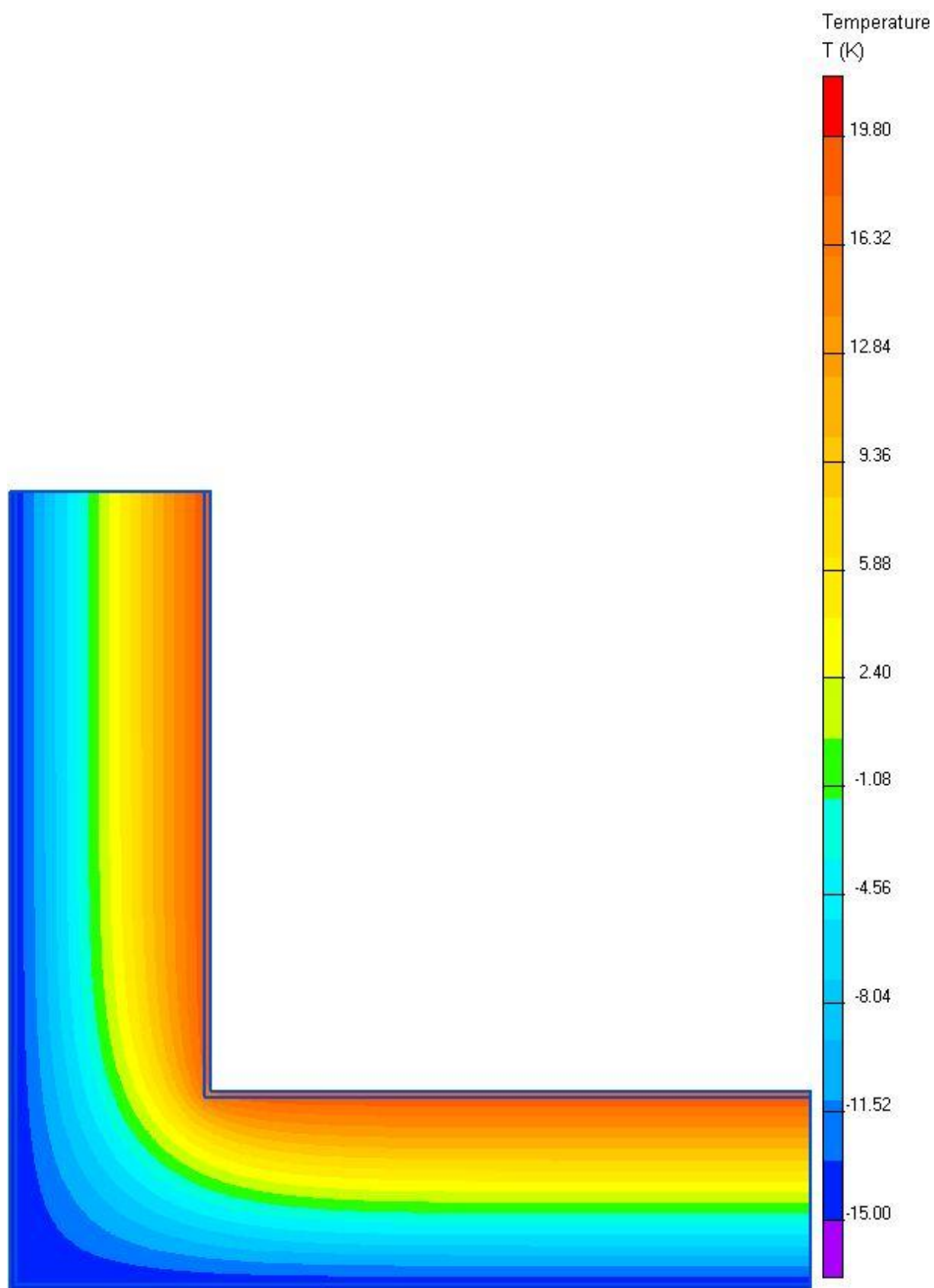
**Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů
tepelné vodivosti**

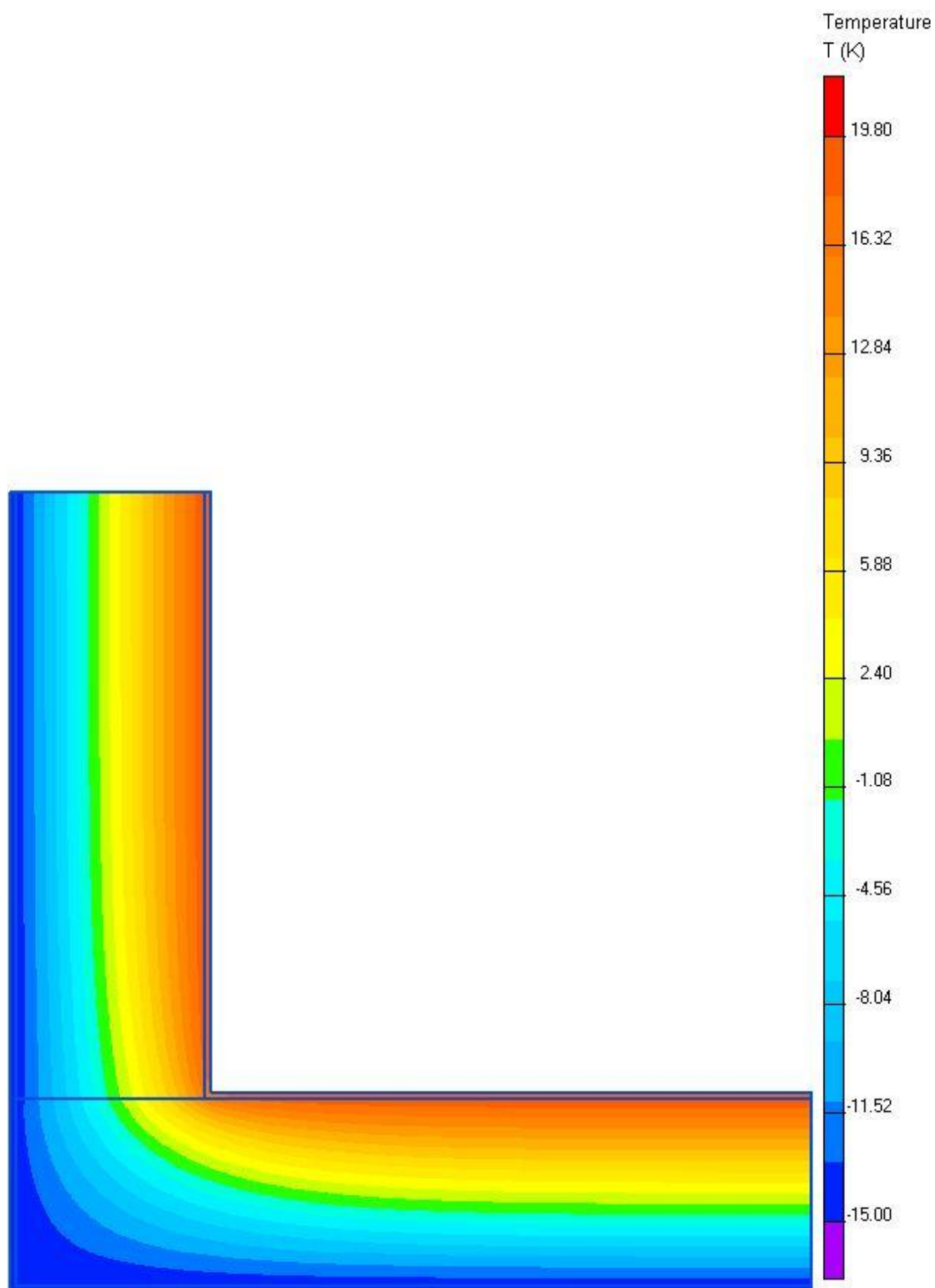


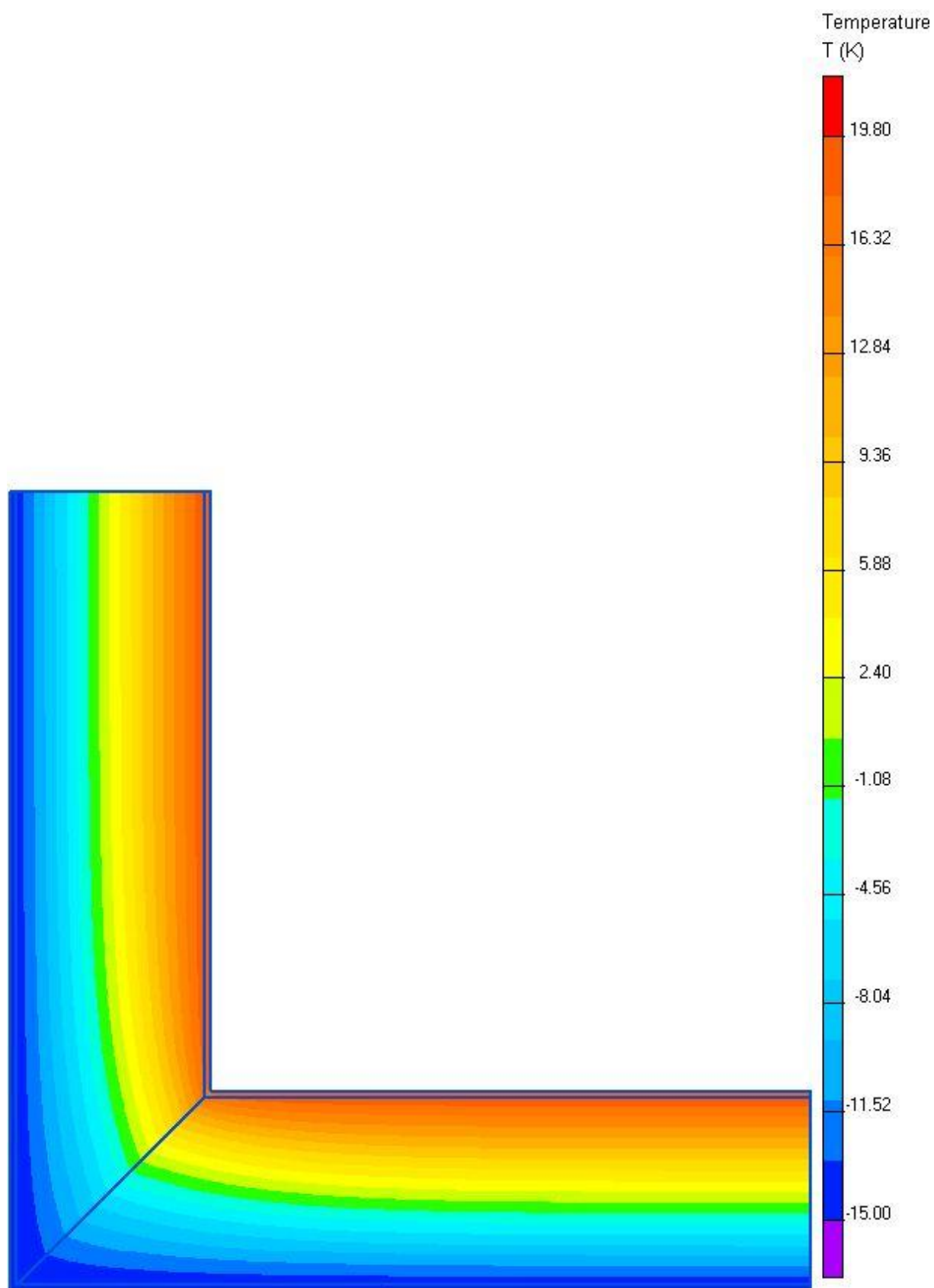


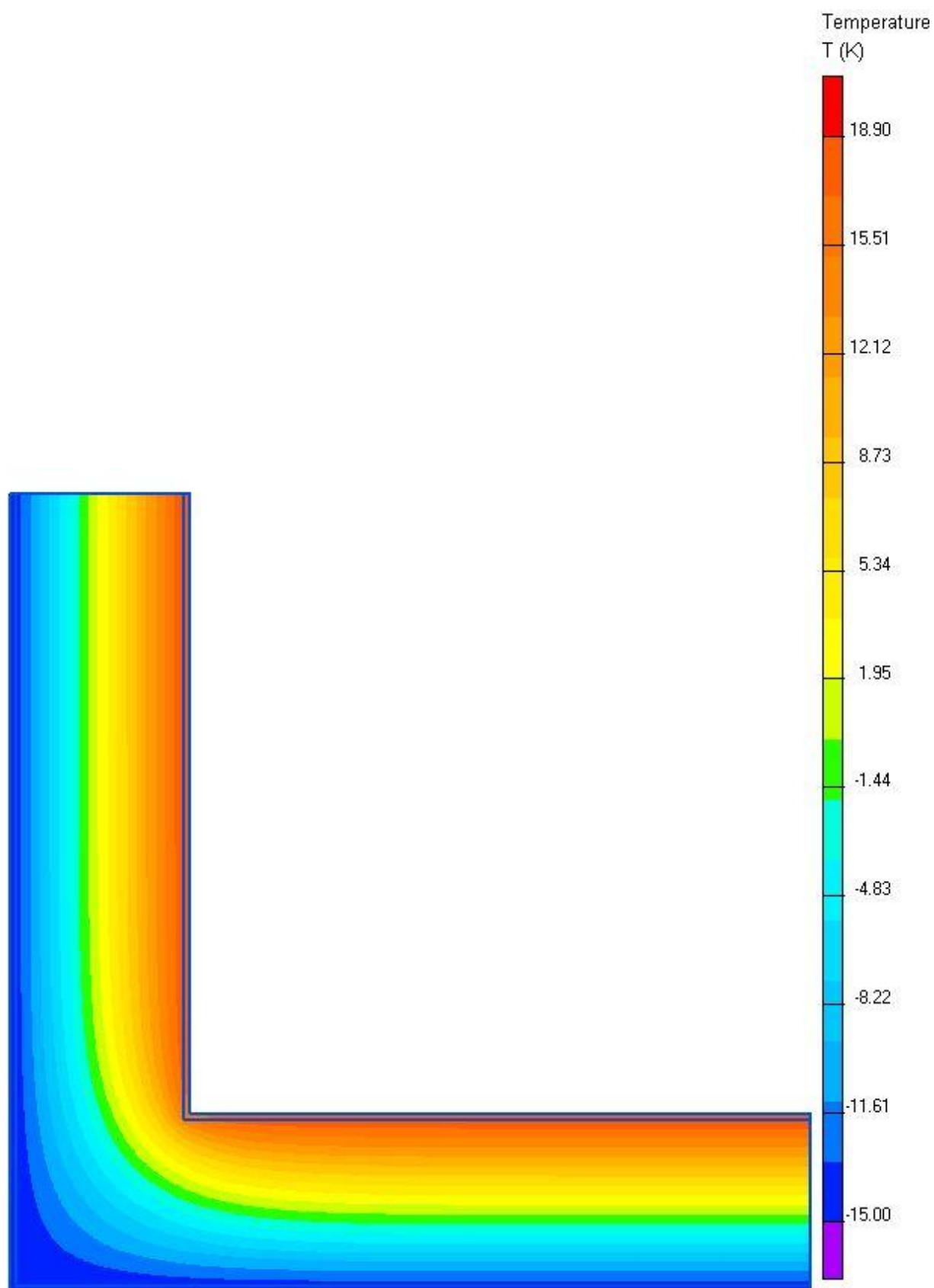


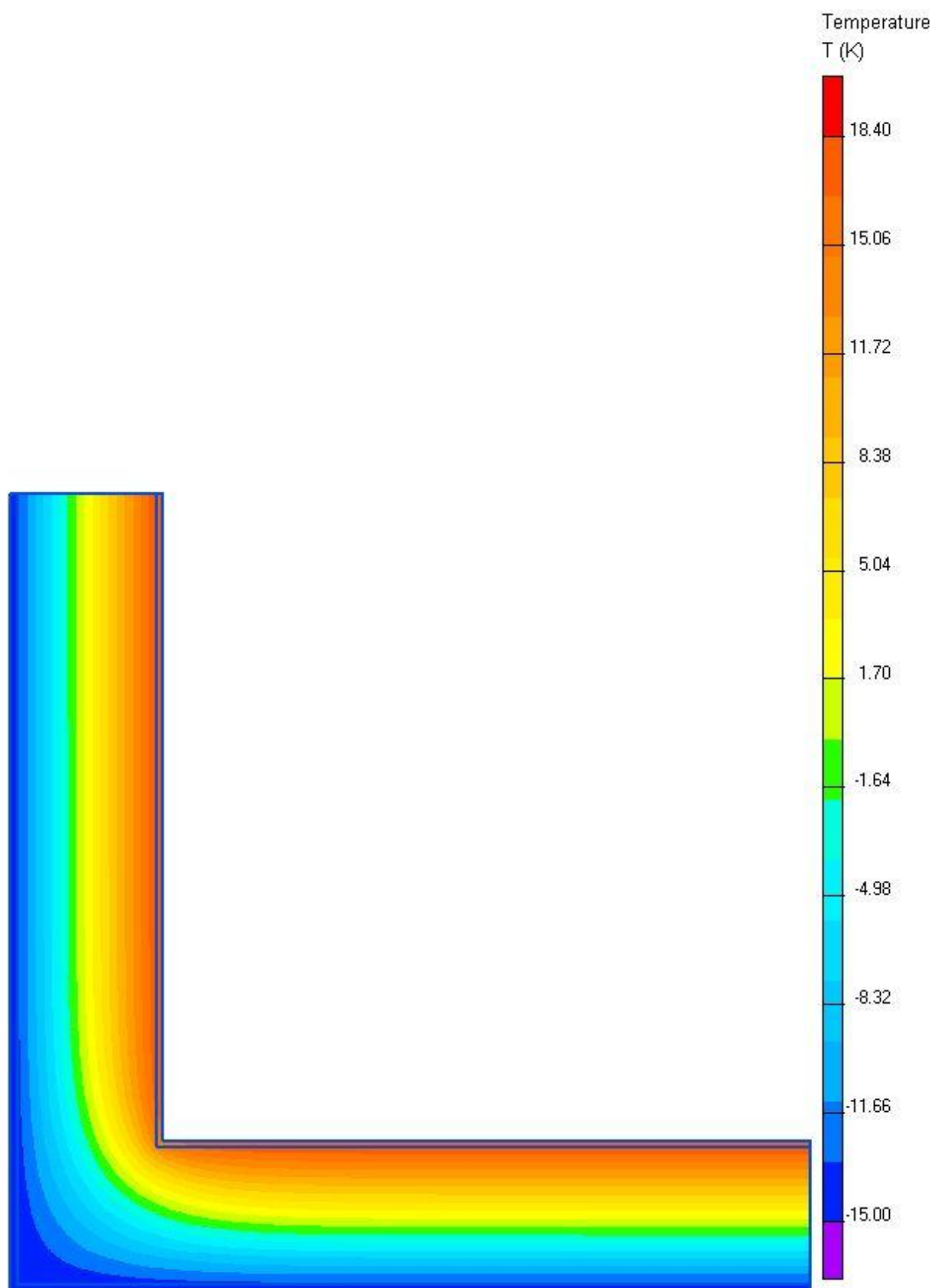


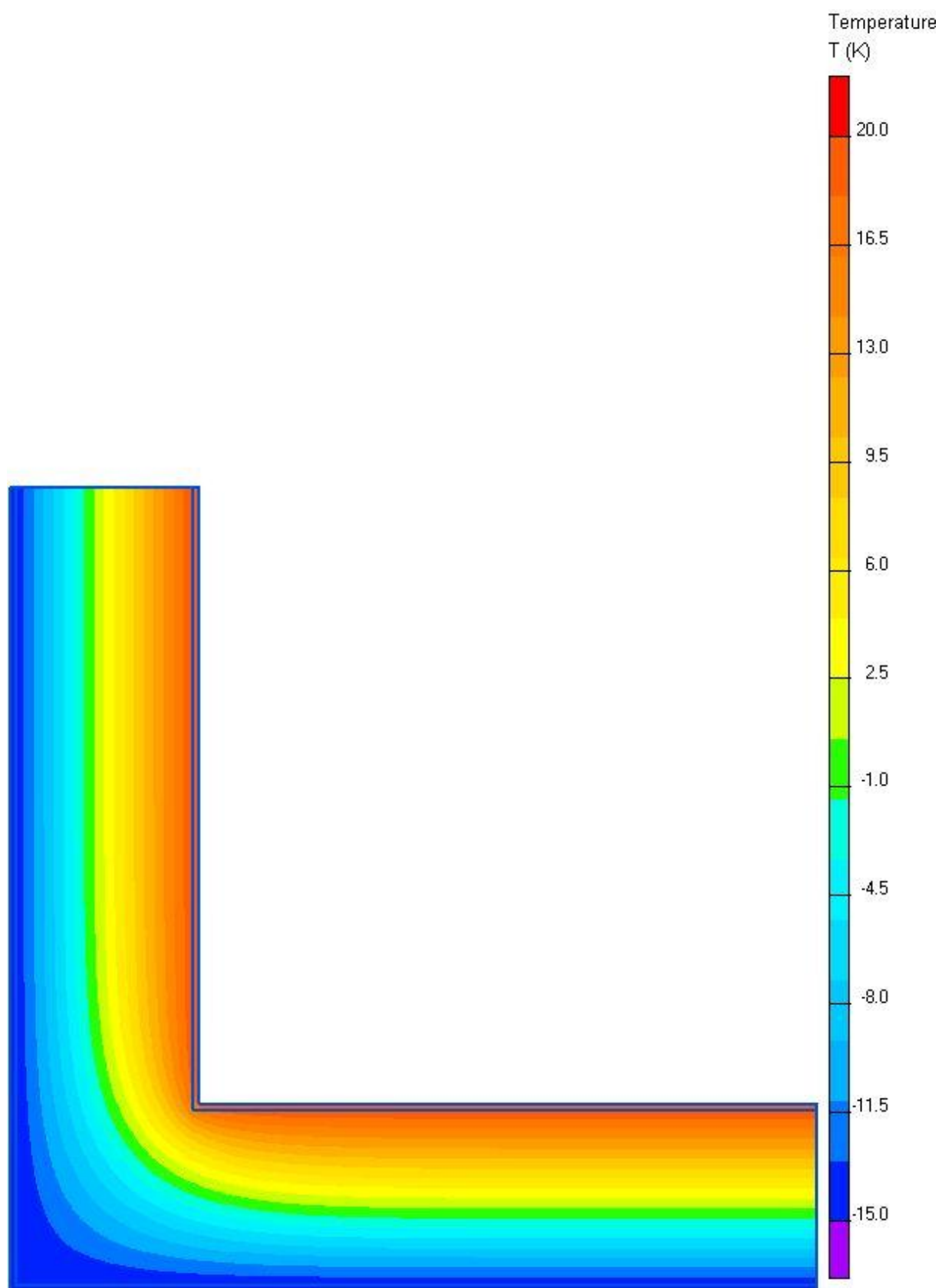


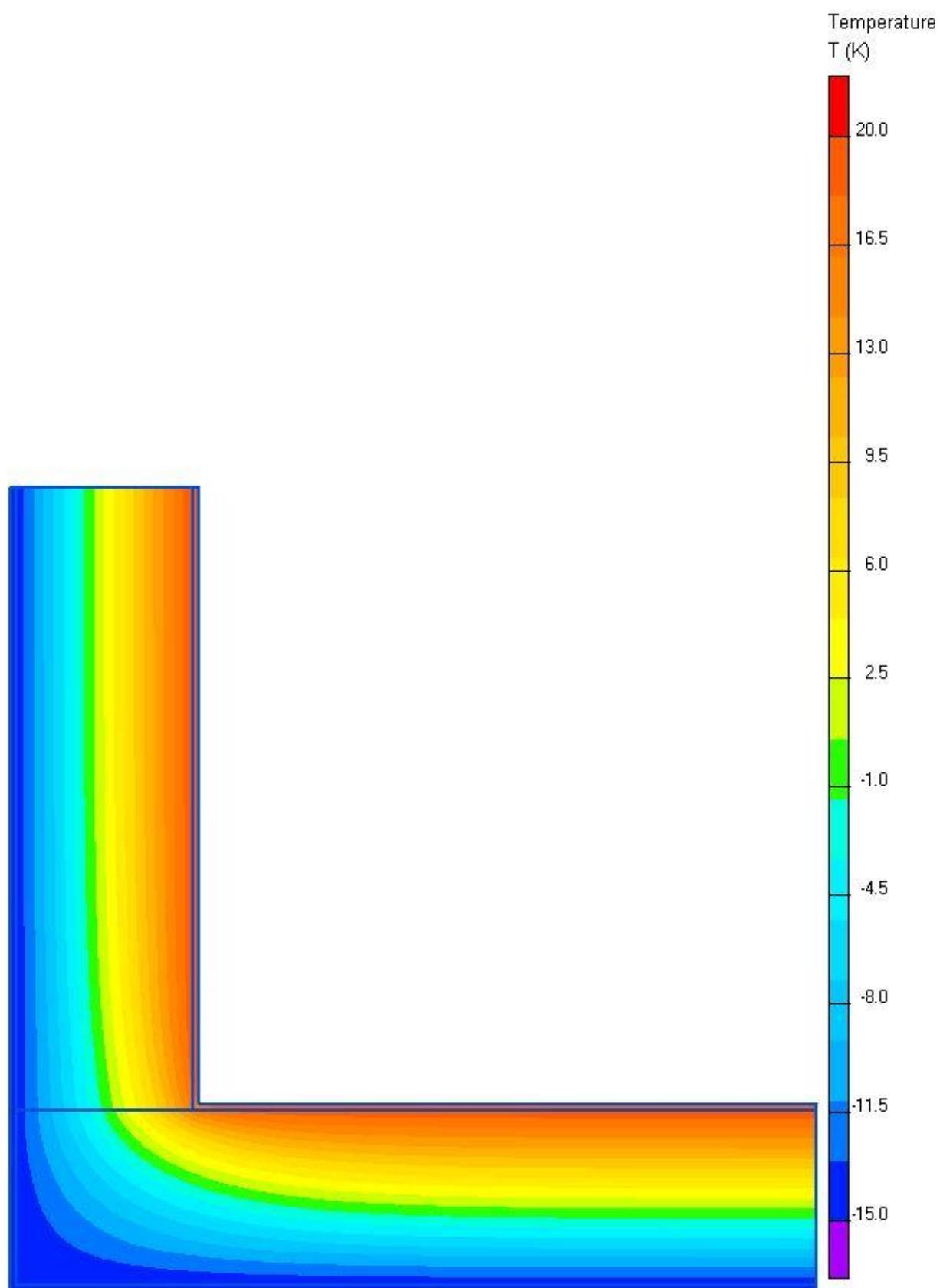


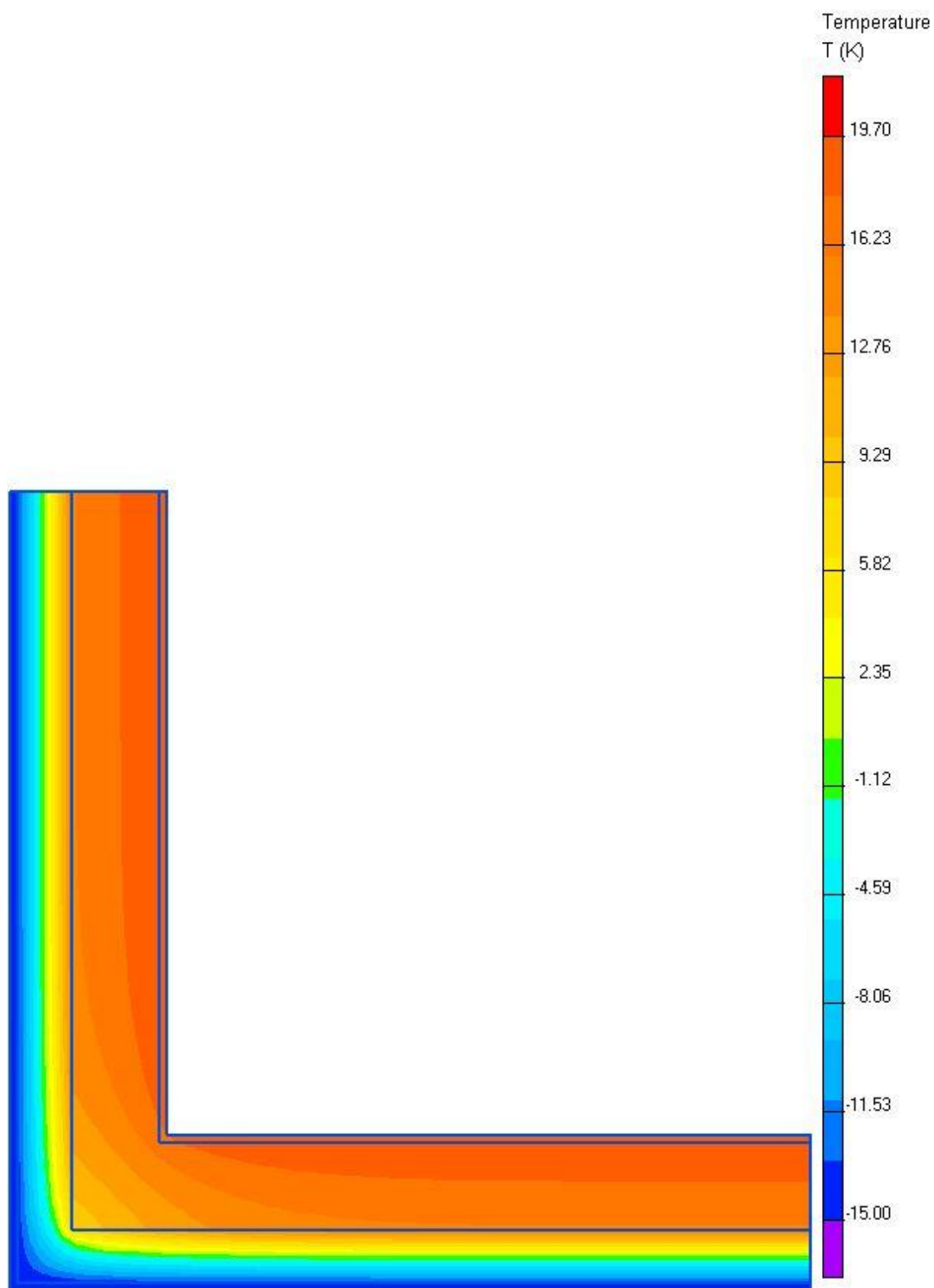


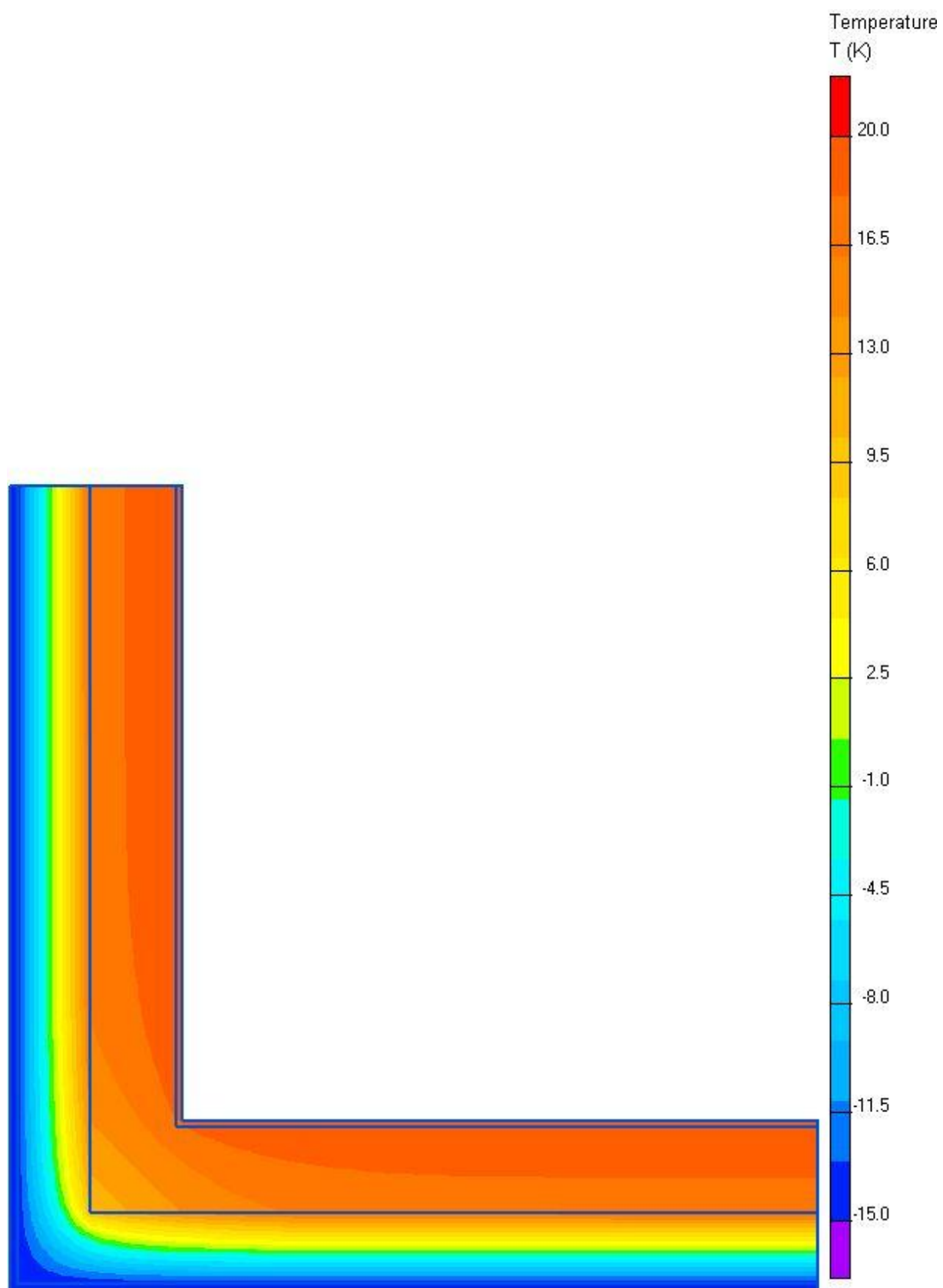












Detail 12

Detail 12 představuje klasický styk vnitřní nosné stěny s obvodovou stěnou. Opět na tomto obrázku považujeme za zajímavé zjišťovat vliv anizotropie materiálu na vyšetřovaný detail.

Detail 12 Varianta 01

Varianta 01 představuje styk obvodového zdiva Supe®therm STI 44 s vnitřní stěnou tloušťky 300 mm. Byly uvažovány izotropní materiály.

Detail 12 Varianta 02

Varianta 02 představuje styk obvodového zdiva Supe®therm STI 44 s vnitřní stěnou tloušťky 300 mm. Byly uvažováno s anizotropií materiálů.

Detail 12 Varianta 03

Varianta 03 představuje styk obvodového zdiva Supe®therm 44 P+D s vnitřní stěnou tloušťky 300 mm. Byly uvažovány izotropní materiály.

Detail 12 Varianta 04

Varianta 04 představuje styk obvodového zdiva Supe®therm 44 P+D s vnitřní stěnou tloušťky 300 mm. Byly uvažováno s anizotropií materiálů.

Detail 12 Varianta 05

Varianta 05 představuje styk obvodového zdiva Supe®therm STI 44 s vnitřní stěnou tloušťky 240 mm. Byly uvažovány izotropní materiály.

Detail 12 Varianta 06

Varianta 06 představuje styk obvodového zdiva Supe®therm STI 44 s vnitřní stěnou tloušťky 240 mm. Byly uvažováno s anizotropií materiálů.

Detail 12 Varianta 07

Varianta 07 představuje styk obvodového zdiva Supe®therm 44 P+D s vnitřní stěnou tloušťky 240 mm. Byly uvažovány izotropní materiály.

Detail 12 Varianta 08

Varianta 08 představuje styk obvodového zdiva Supe®therm 44 P+D s vnitřní stěnou tloušťky 240 mm. Byly uvažovány s anizotropií materiálů.

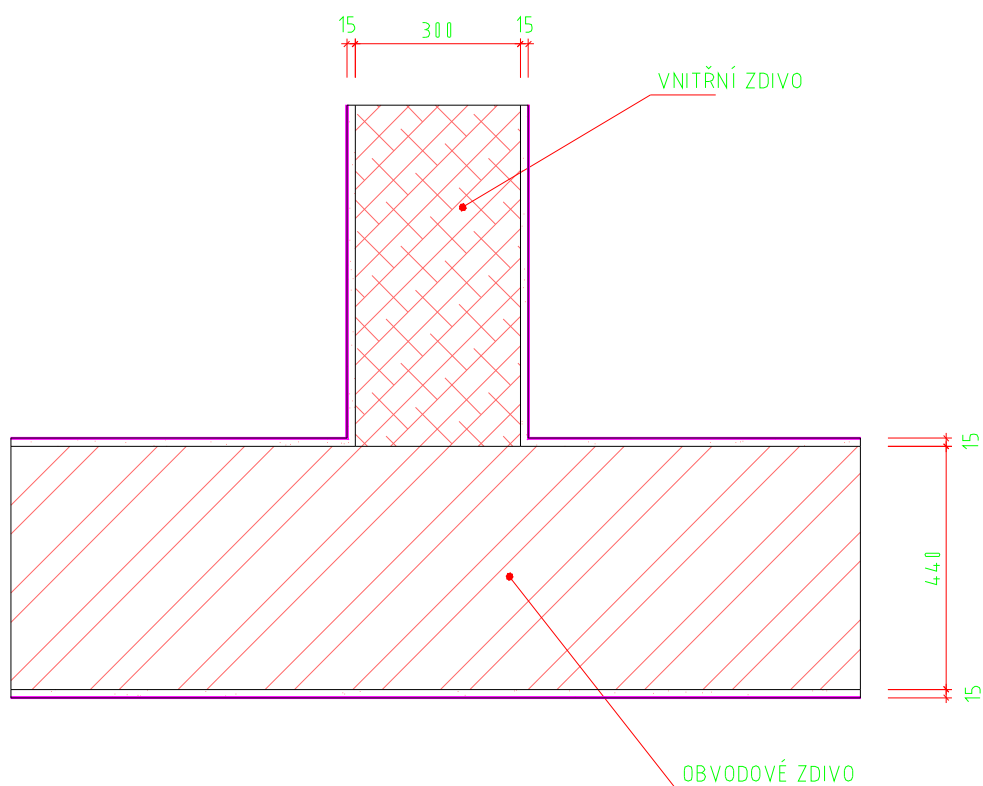
Detail 12 Varianta 09

Varianta 09 představuje styk obvodového zdiva z plynosilikátu tloušťky 375 mm s vnitřní nosnou stěnou tloušťky 240 mm

Detail 12 Varianta 10

Varianta 10 představuje styk obvodového zdiva z plynosilikátu tloušťky 300 mm s vnitřní nosnou stěnou tloušťky 240 mm

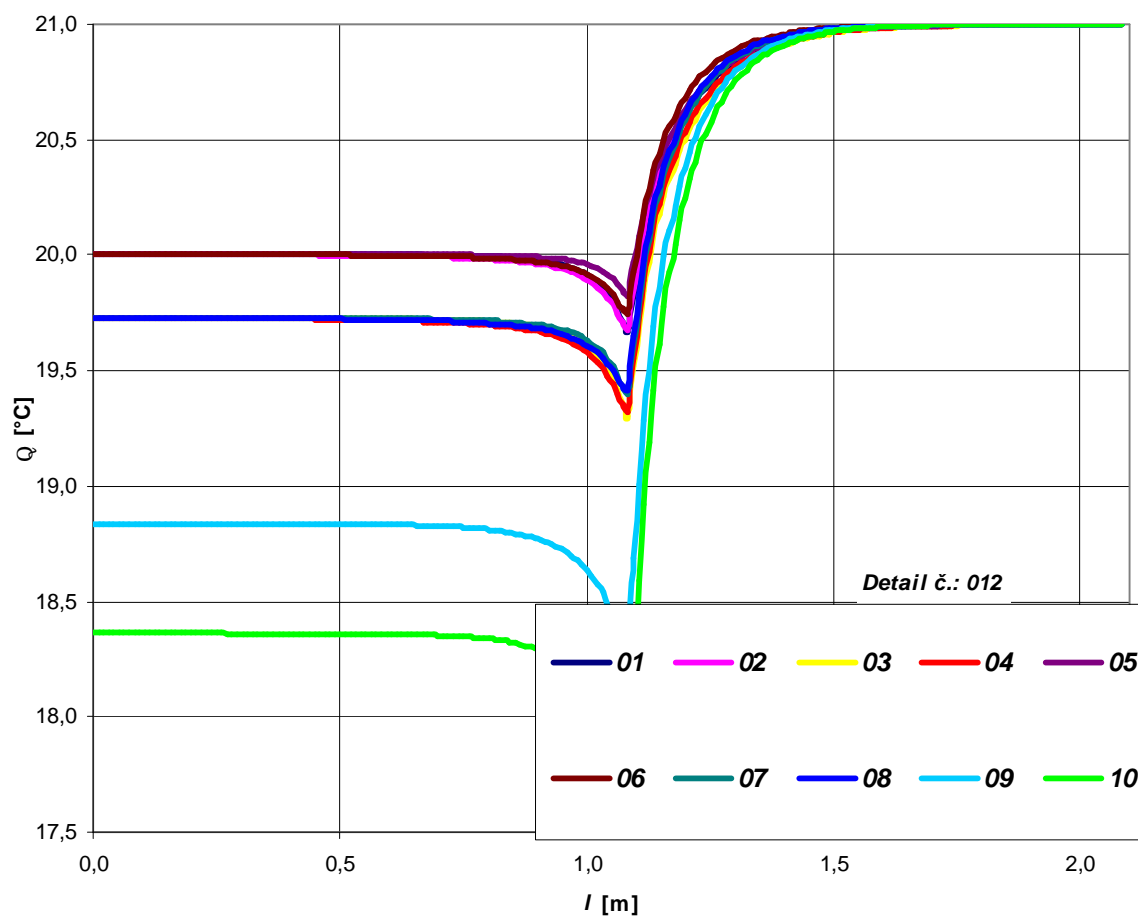
Schématický obrázek detailu 12



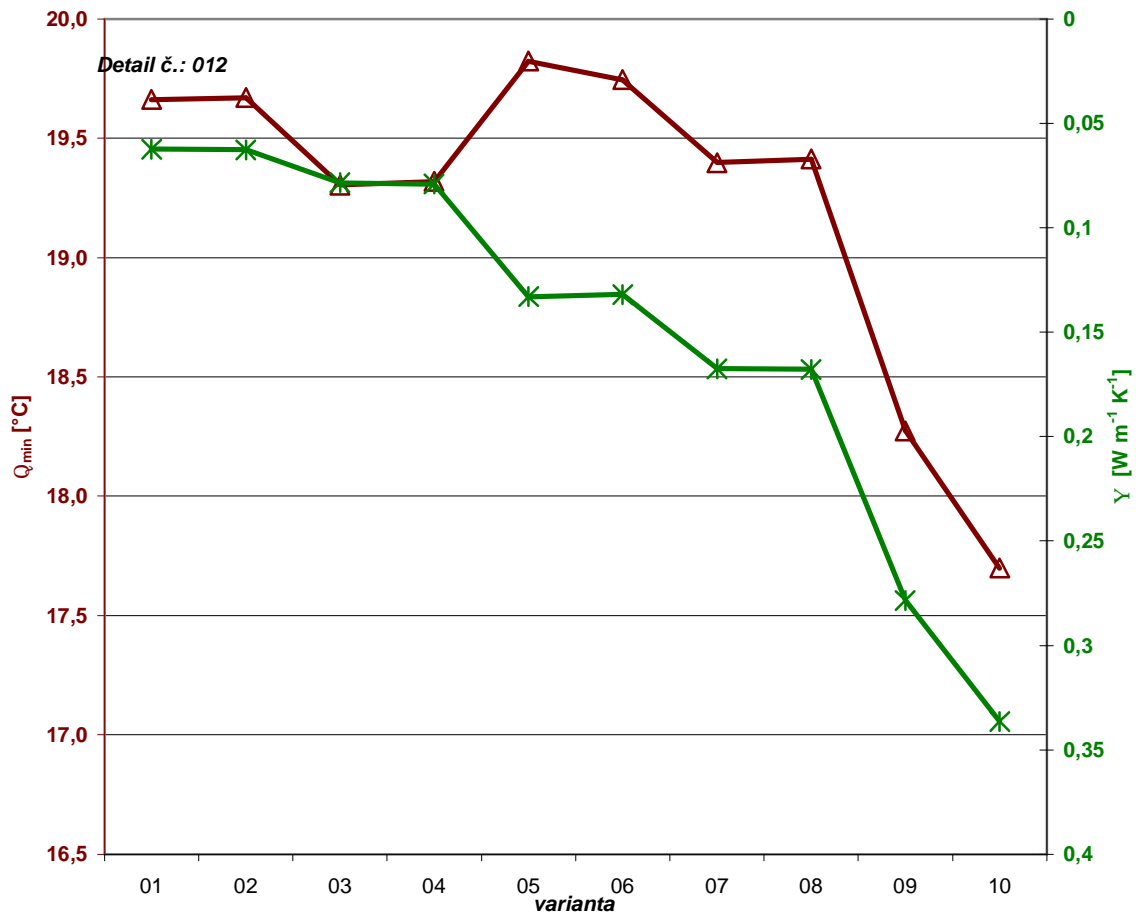
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

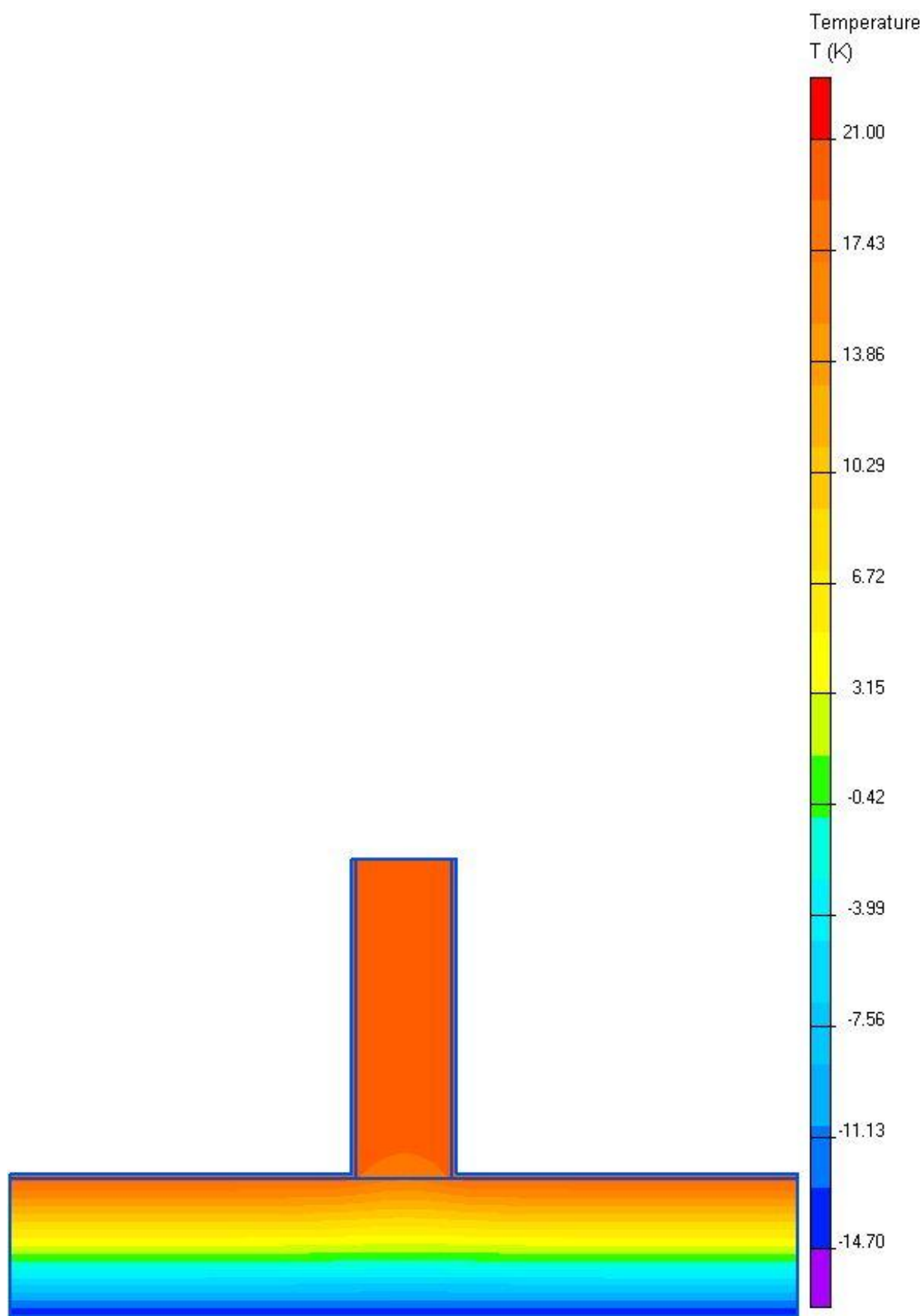
012 Styk obvodového zdiva a střední nosné zdi				
Varianta číslo:	Druh zdiva		Y	Q_{si,min}
	obvodové	střední	W m⁻¹ K⁻¹	°C
01	Supertherm STI 44	therm 300 mm	0,06	19,66
02	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	therm 300 mm	0,06	19,67
03	Supertherm 44 P+D	therm 300 mm	0,08	19,30
04	Supertherm 44 P+D ANIZOTROPNÍ	therm 300 mm	0,08	19,32
05	Supertherm STI 44	therm 240 mm	0,13	19,82
06	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	therm 240 mm	0,13	19,75
07	Supertherm 44 P+D	therm 240 mm	0,17	19,40
08	Supertherm 44 P+D ANIZOTROPNÍ	therm 240 mm	0,17	19,41
09	Plynosilikát tl. 375 mm	Plynosilikát tl. 240 mm	0,28	18,27
10	Plynosilikát tl. 300 mm	Plynosilikát tl. 240 mm	0,34	17,70

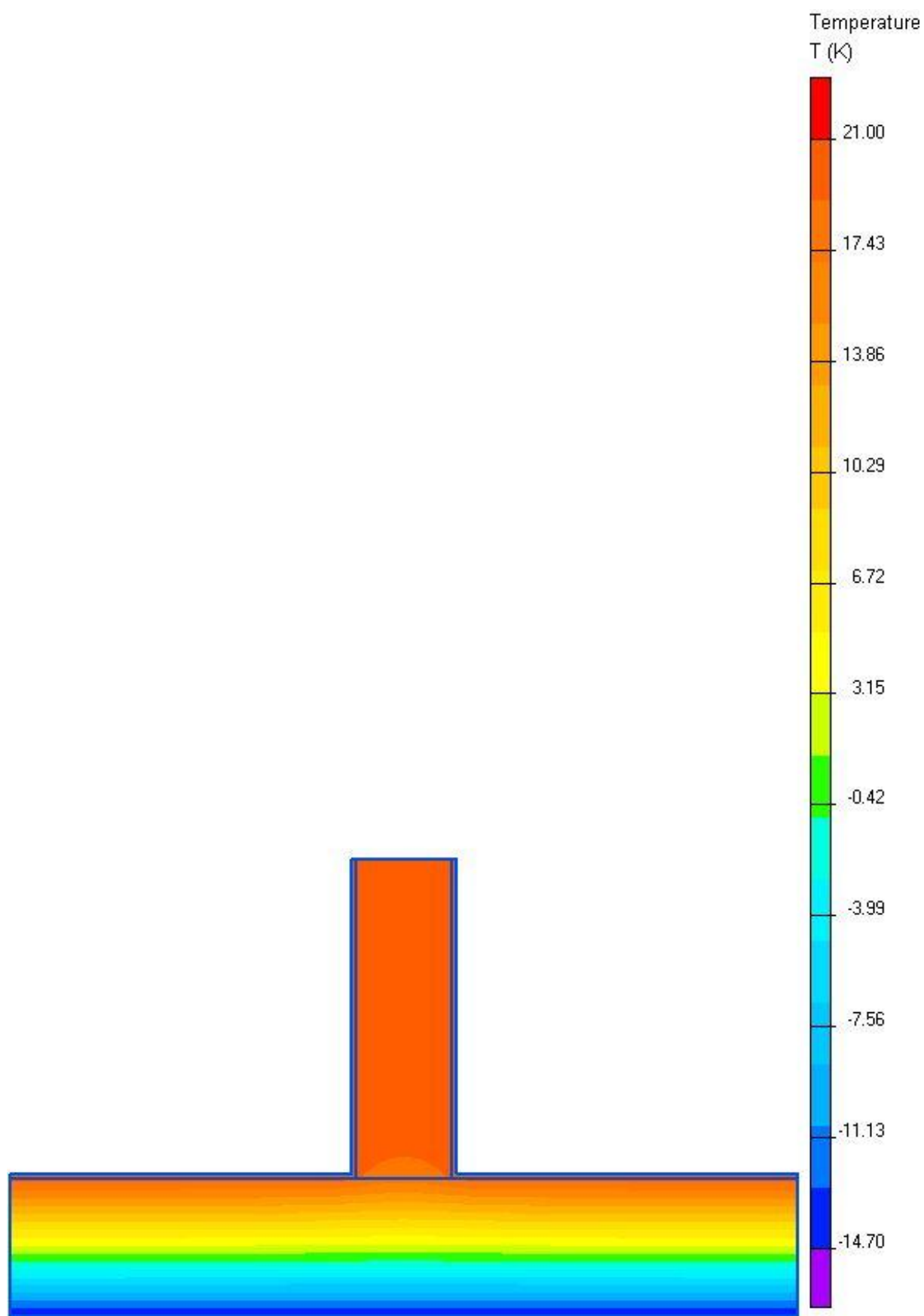
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

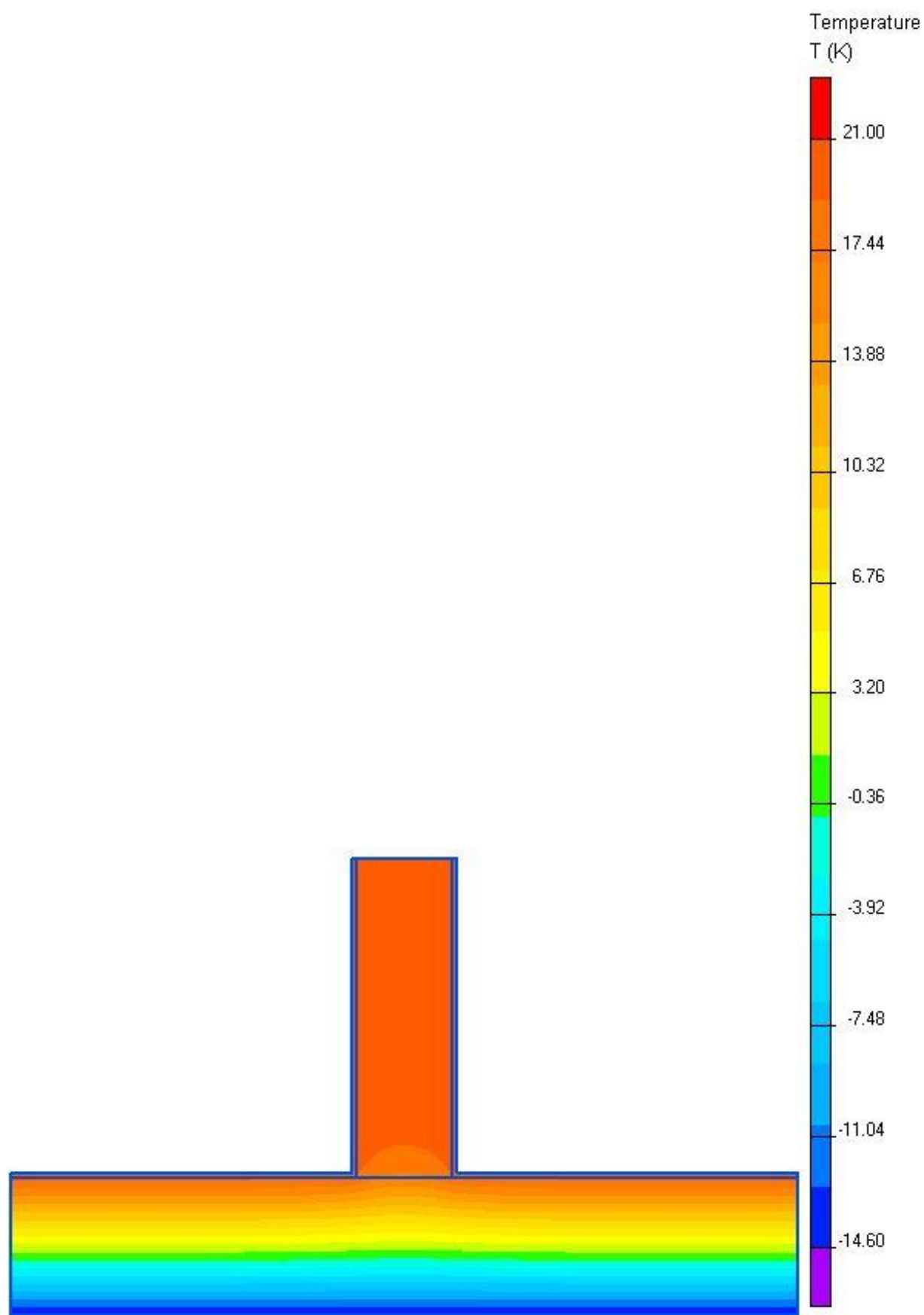


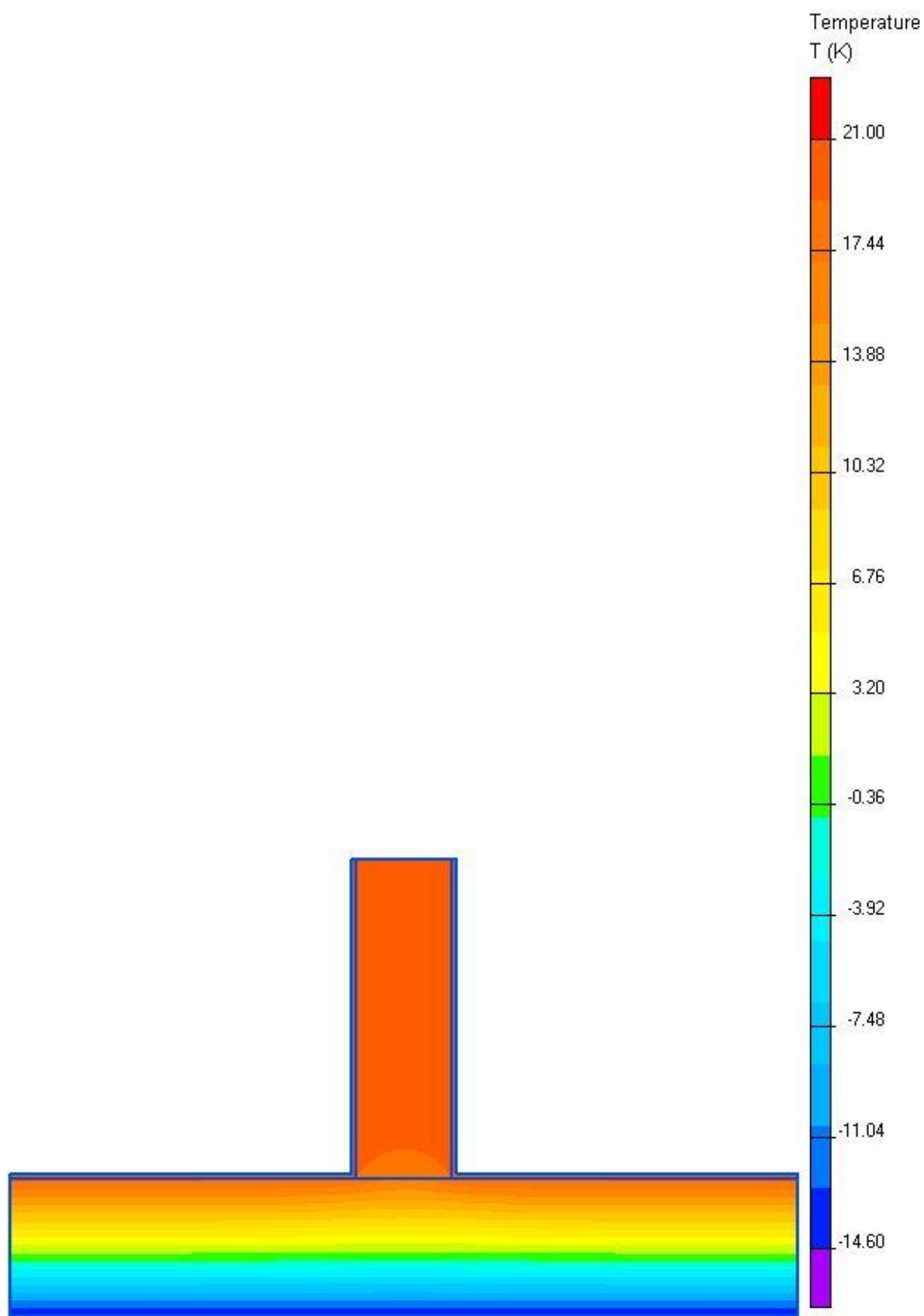
**Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů
tepelné vodivosti**

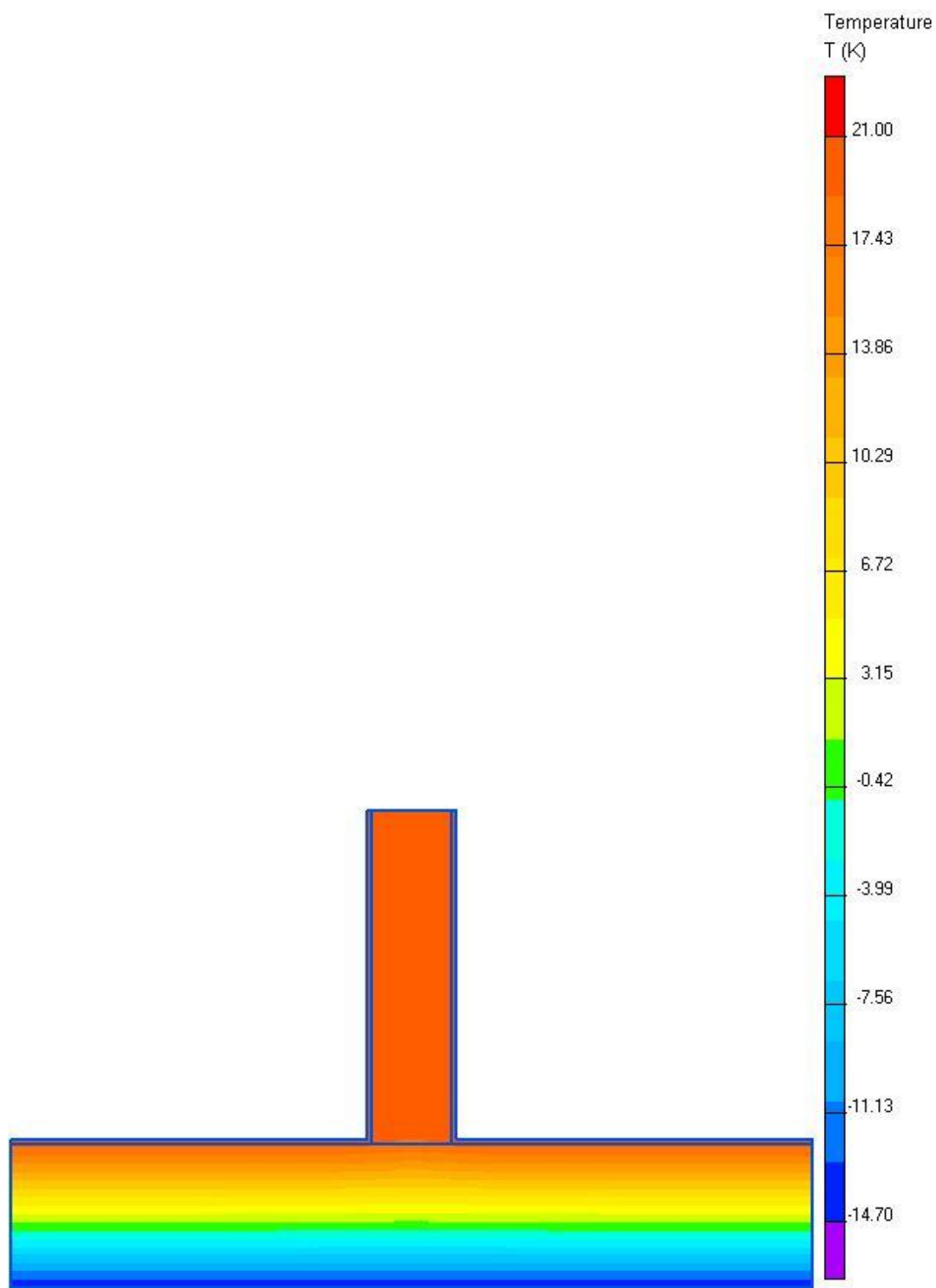


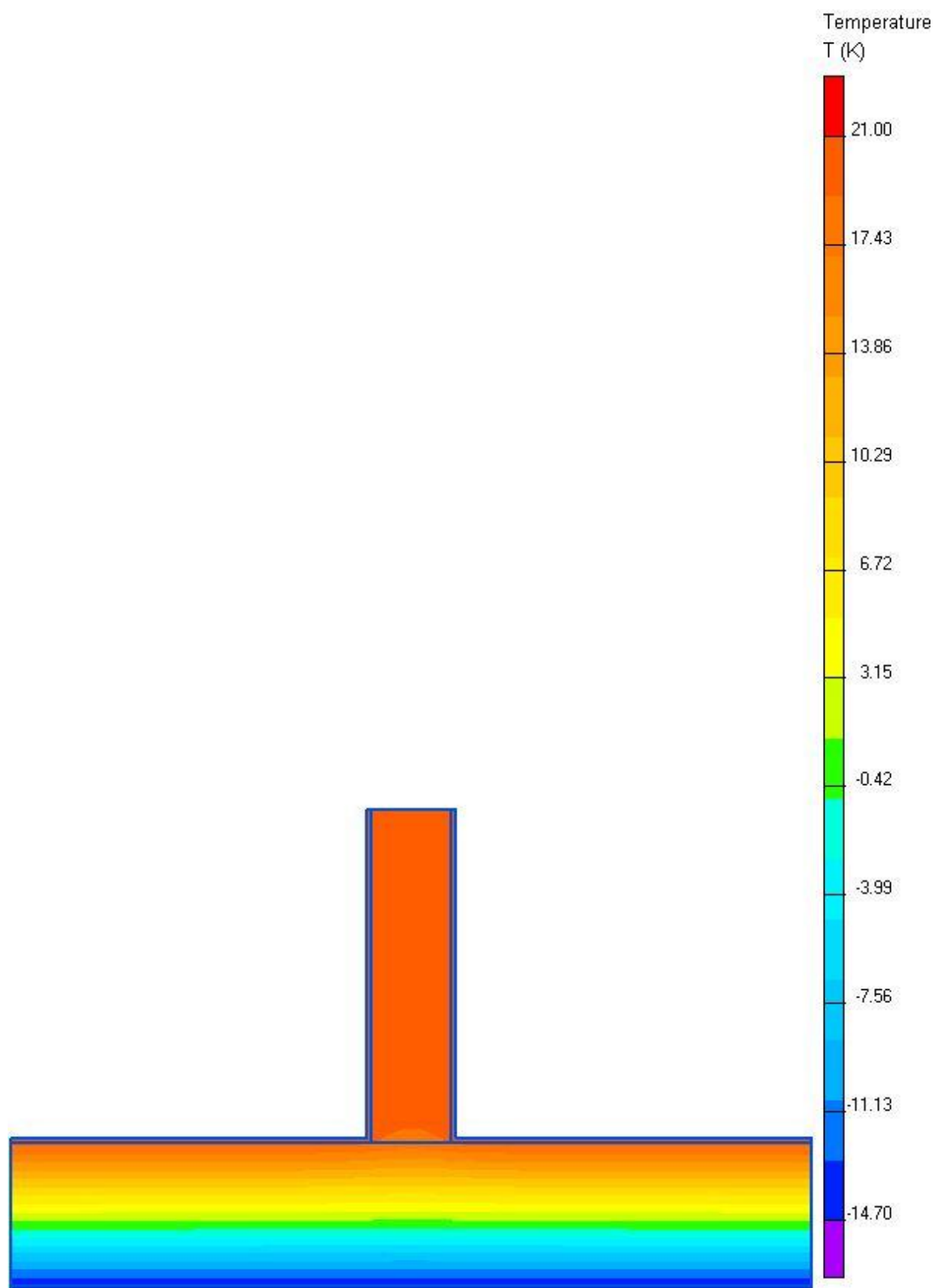


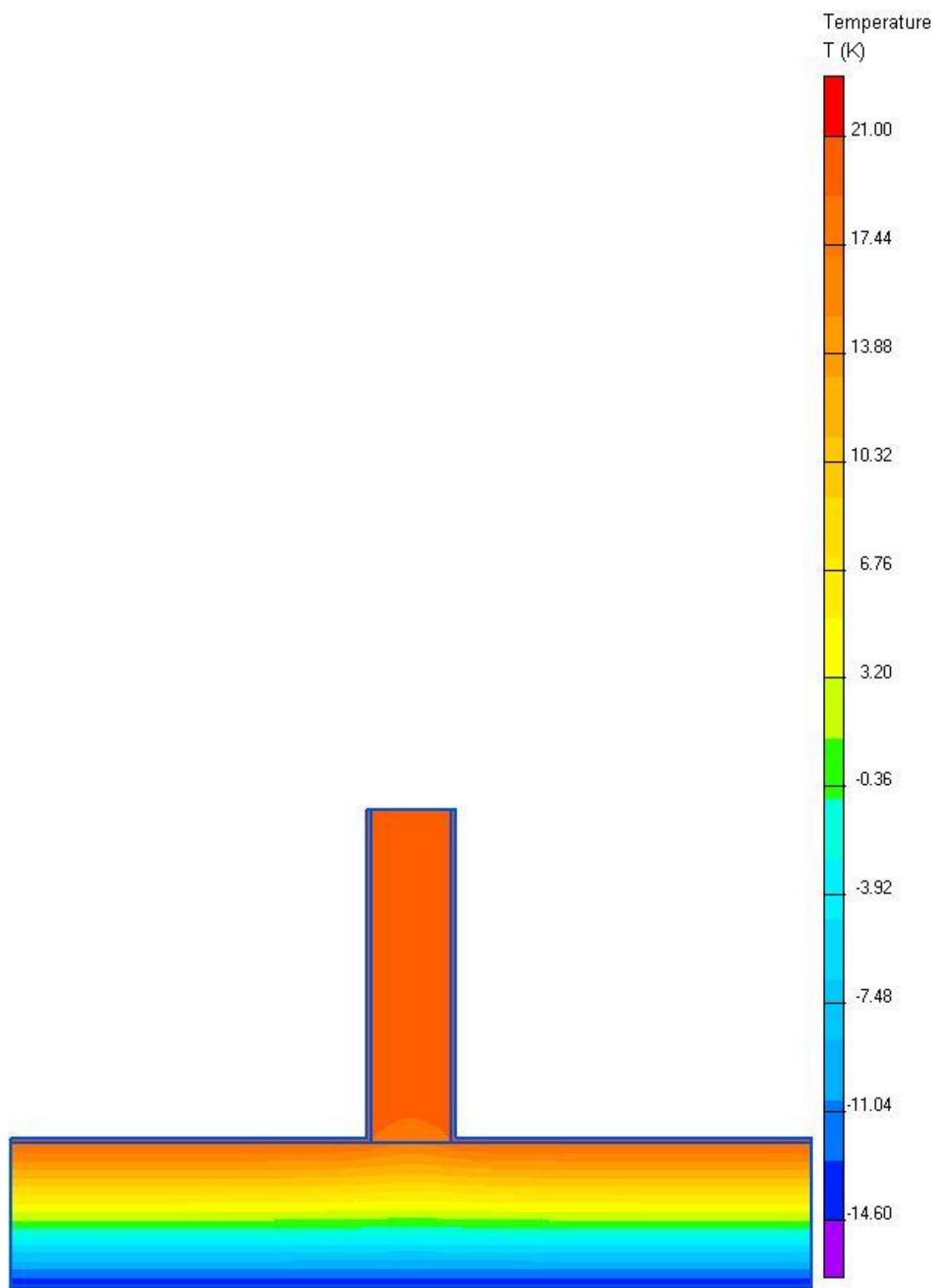


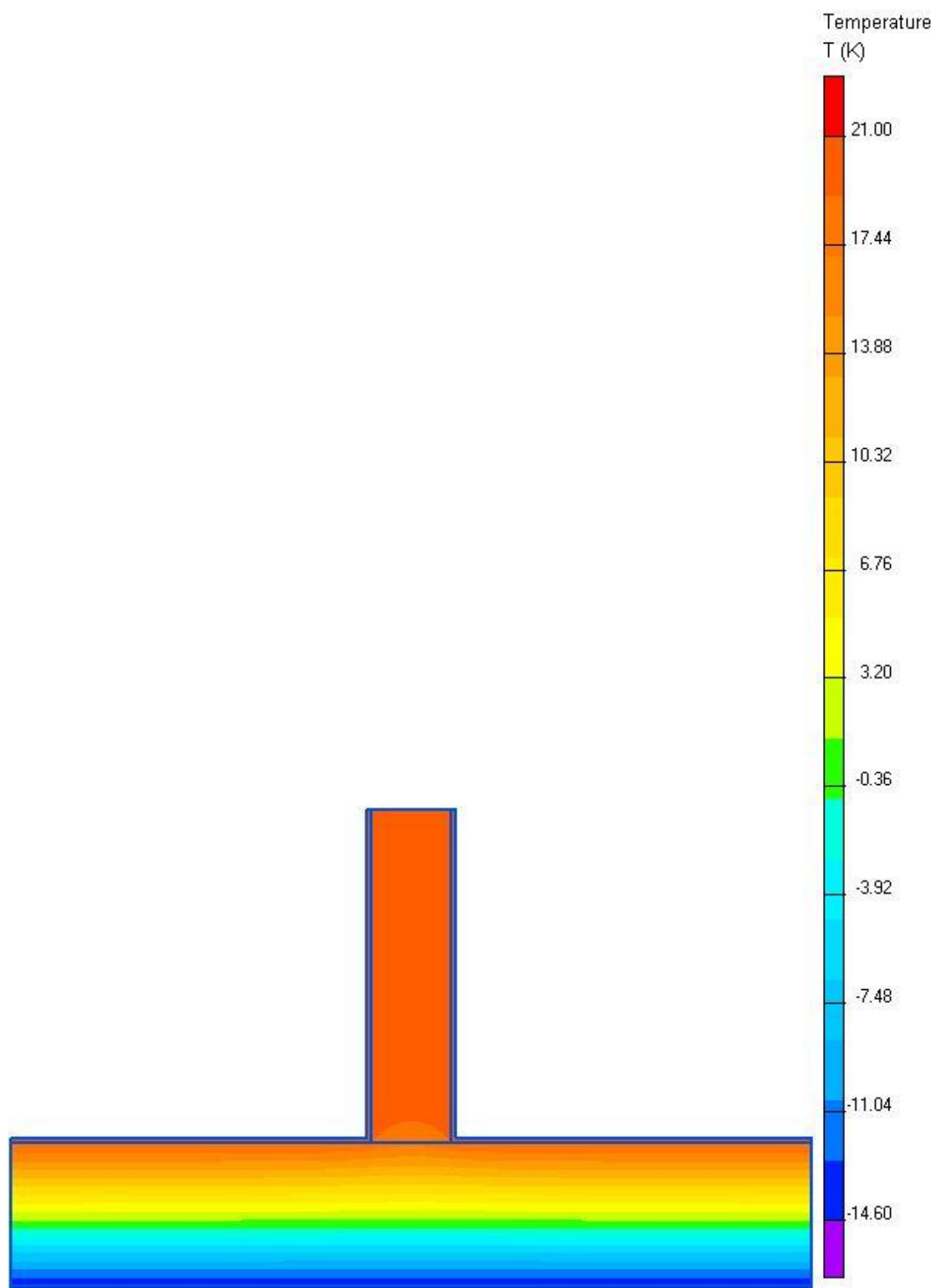


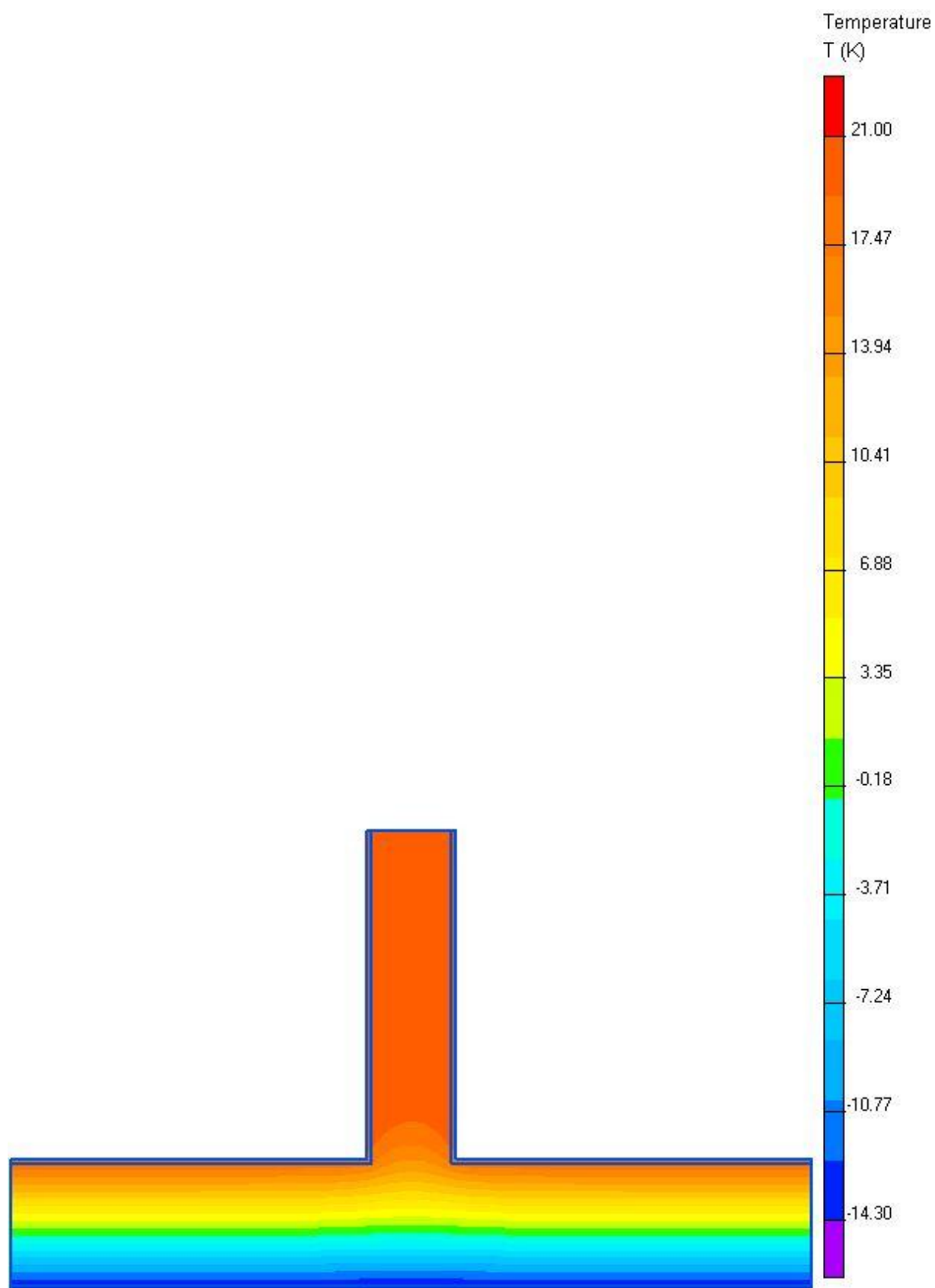


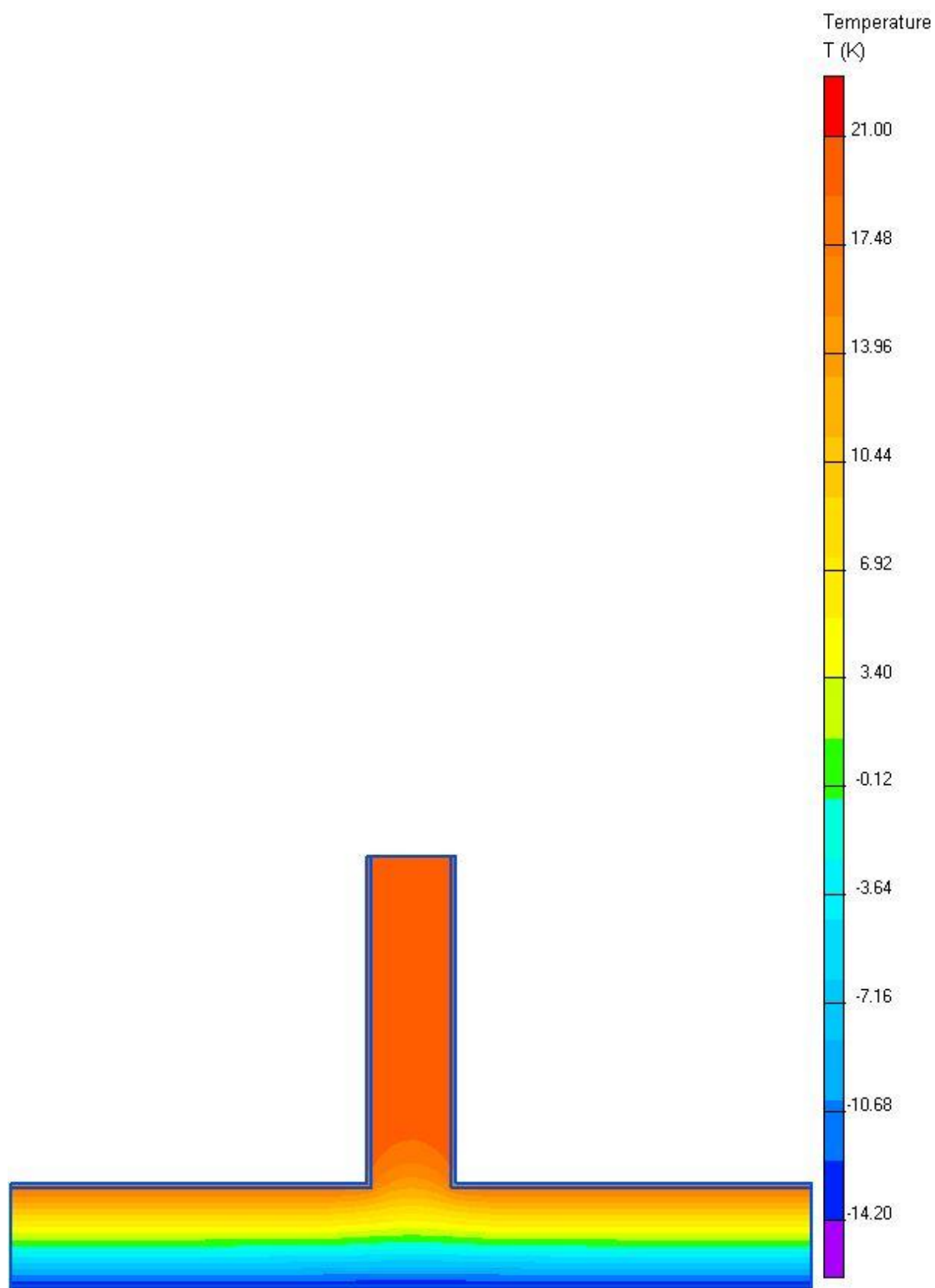












Detail 13

Detail 13 představuje srubovou stěnu provedenou z kuláčů o průměru 270 mm. Opět jde o příklad z praxe. Ve styku dvou kuláčů je vyfrézována drážka, do které je vložena minerální izolace, která má za úkol hlavně těsnit styk před infiltrací vzduchu. Na tomto detailu bylo několik problémů. Jednak bylo nutné uvažovat s oblým profilem, i když při porovnání výsledků, kdy jsme počítali součinitel prostupu tepla na přepočítaný průřez, nebyl patrný extrémní rozdíl. Druhým problémem bylo stanovit součinitel tepelné vodivosti dřeva λ , neboť v normě je sice uvedena $\lambda = 0,18 \text{ W/(m.K)}$ pro tepelný tok kolmo k vláknům měkkého dřeva, ale z dalších pramenů víme, že prakticky je možné, aby u vysušeného dřeva tato hodnota byla $\lambda = 0,09 \text{ W/(m.K)}$, což představuje znatelný rozdíl. Proto jsme alternativně volili jiný součinitel tepelné vodivosti. Jako alternativu jsme přidávali tepelnou izolaci z ovčí vlny, která je také přírodním materiálem jako kulatina.

Detail 13 Varianta 01

Varianta 1 je z plného dřeva o normových hodnotách součinitele tepelné vodivosti $\lambda = 0,18 \text{ W/(m.K)}$. Nebylo uvažováno s tepelnou izolací vloženou mezi kuláče.

Detail 13 Varianta 02

Jako varianta 1, bylo uvažováno s minerální tepelnou izolací vloženou do vyfrézované drážky mezi kuláče.

Detail 13 Varianta 03

Jako varianta 1, bylo uvažováno s minerální tepelnou izolací vloženou do vyfrézované drážky mezi kuláče. Součinitel tepelné vodivosti dřeva $\lambda = 0,14 \text{ W/(m.K)}$.

Detail 13 Varianta 04

Jako varianta 1, bylo uvažováno s minerální tepelnou izolací vloženou do vyfrézované drážky mezi kuláče. Součinitel tepelné vodivosti dřeva $\lambda = 0,10 \text{ W/(m.K)}$.

Detail 13 Varianta 05

Jako varianta 1, bylo uvažováno s minerální tepelnou izolací vloženou do vyfrézované drážky mezi kuláče. Součinitel tepelné vodivosti dřeva $\lambda = 0,18 \text{ W/(m.K)}$. Přidána tepelná izolace z ovčí vlny o tloušťce 50 mm obedněná 25 mm dřeva.

Detail 13 Varianta 06

Jako varianta 1, bylo uvažováno s minerální tepelnou izolací vloženou do vyfrézované drážky mezi kuláče. Součinitel tepelné vodivosti dřeva $\lambda = 0,18 \text{ W/(m.K)}$. Přidána tepelná izolace z ovčí vlny o tloušťce 90 mm obedněná 25 mm dřeva.

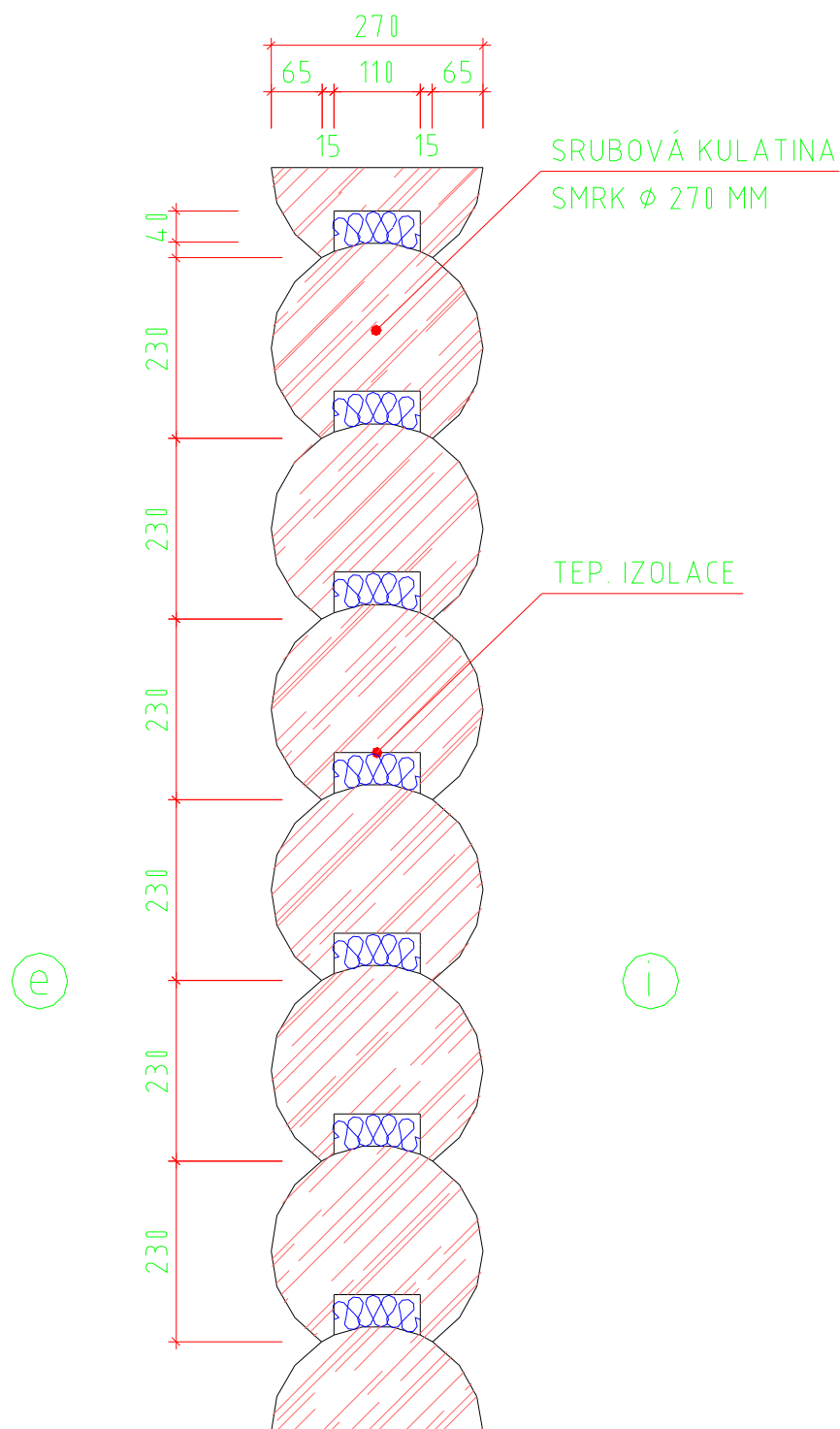
Detail 13 Varianta 07

Jako varianta 1, bylo uvažováno s minerální tepelnou izolací vloženou do vyfrézované drážky mezi kuláče. Součinitel tepelné vodivosti dřeva $\lambda = 0,18 \text{ W/(m.K)}$. Přidána tepelná izolace z ovčí vlny o tloušťce 50 mm obezděná z vápenno pískových cihel tl. 115 mm.

Detail 13 Varianta 08

Jako varianta 1, bylo uvažováno s minerální tepelnou izolací vloženou do vyfrézované drážky mezi kuláče. Součinitel tepelné vodivosti dřeva $\lambda = 0,18 \text{ W/(m.K)}$. Přidána tepelná izolace z ovčí vlny o tloušťce 90 mm obezděná z vápenno pískových cihel tl. 115 mm.

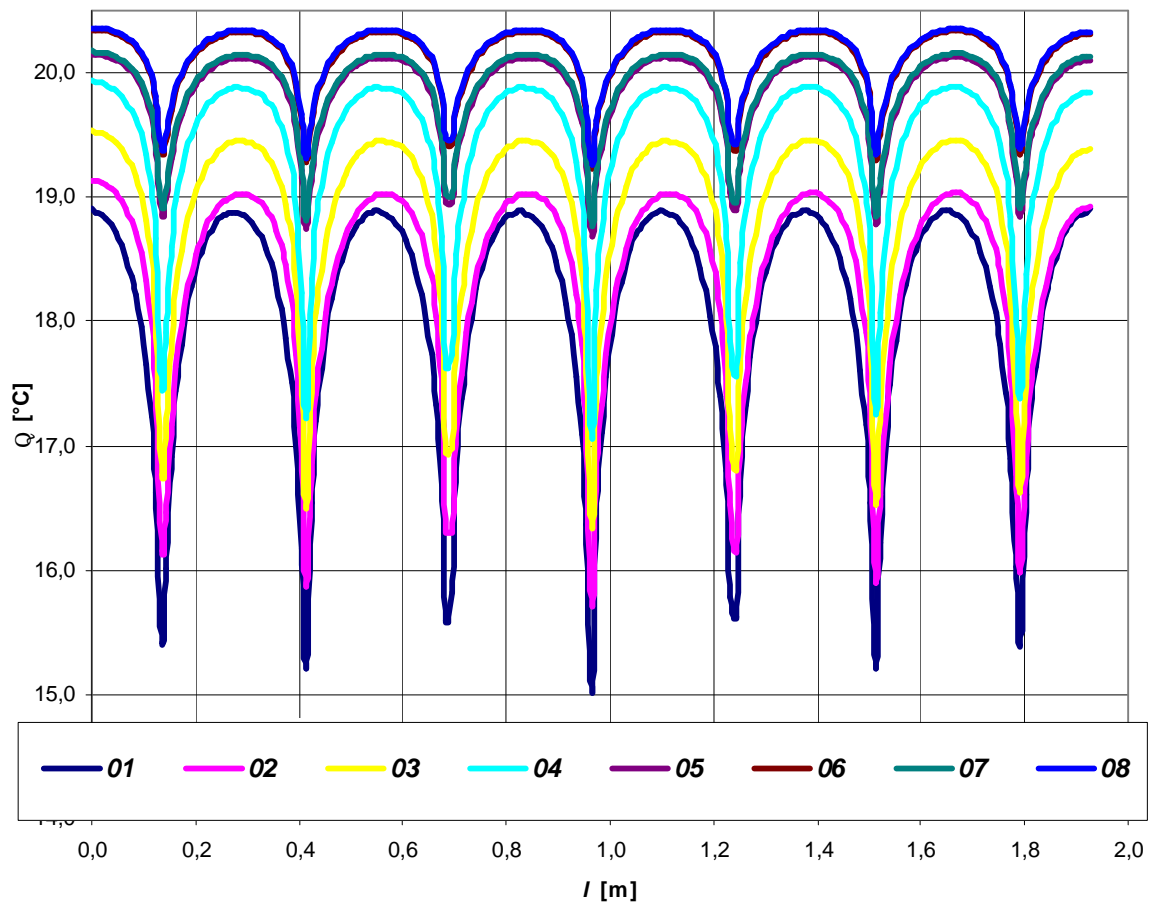
Schématický obrázek detailu 13



Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

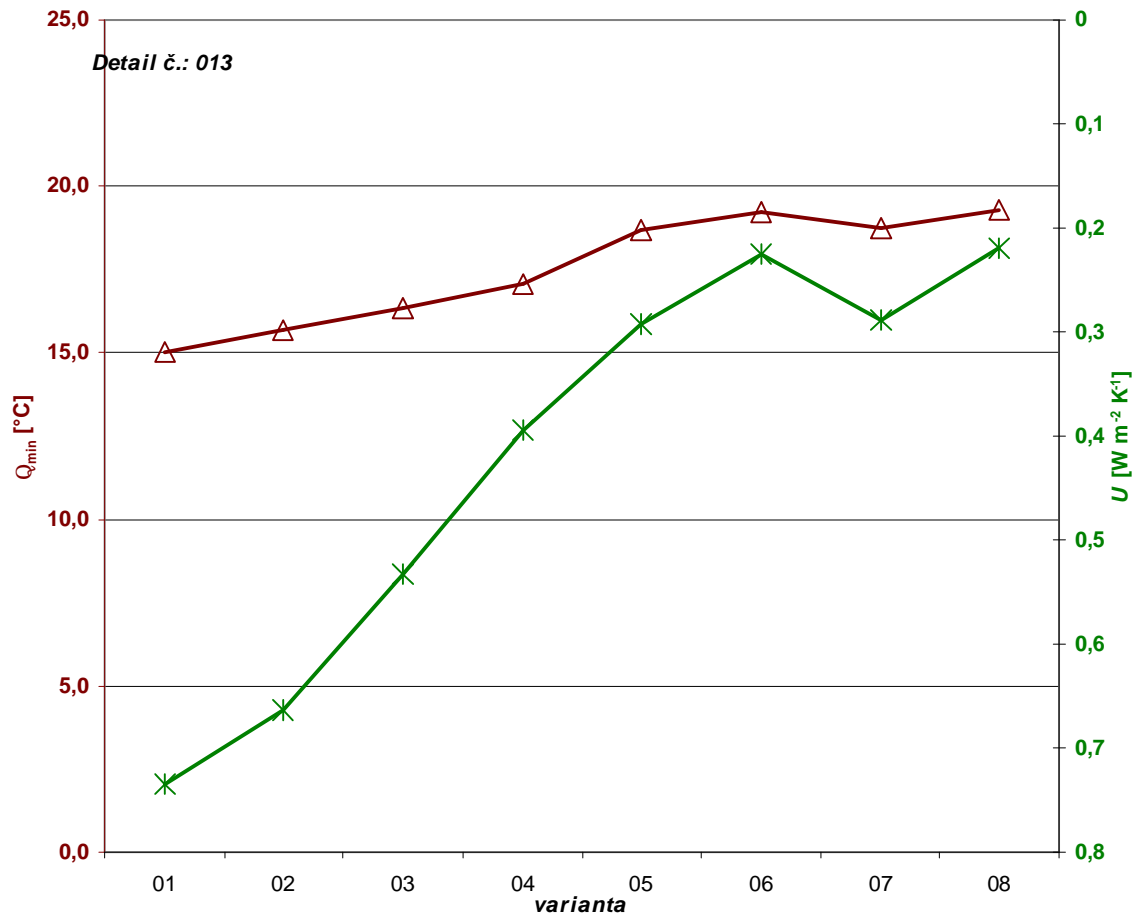
013 Srubová stěna				
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)	U		$Q_{si,min}$
	zdivo	A	W/(m².K)	°C
01	Varianta bez izolace v drážkách kulatiny	0	0,74	15,01
02	Kulatina o $I = 0,18 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	0	0,66	15,71
03	Kulatina o $I = 0,14 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	0	0,53	16,33
04	Kulatina o $I = 0,1 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	0	0,39	17,05
05	Dřevěné obložení + izolace z ovčí vlny	50	0,29	18,69
06	Dřevěné obložení + izolace z ovčí vlny	90	0,22	19,23
07	115 mm betonové cihly + izolace z ovčí vlny	50	0,29	18,75
08	115 mm betonové cihly + izolace z ovčí vlny	90	0,22	19,27

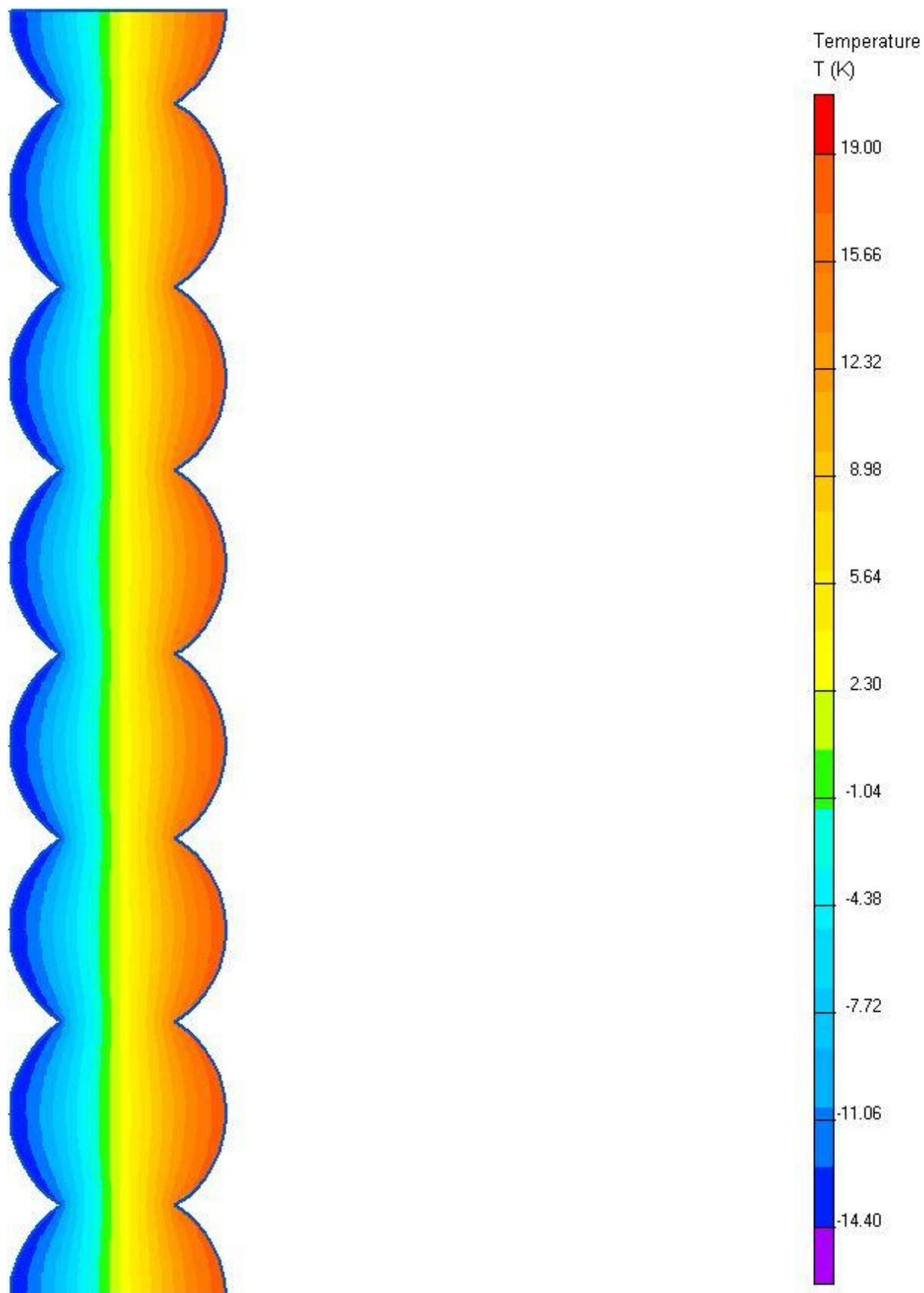
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

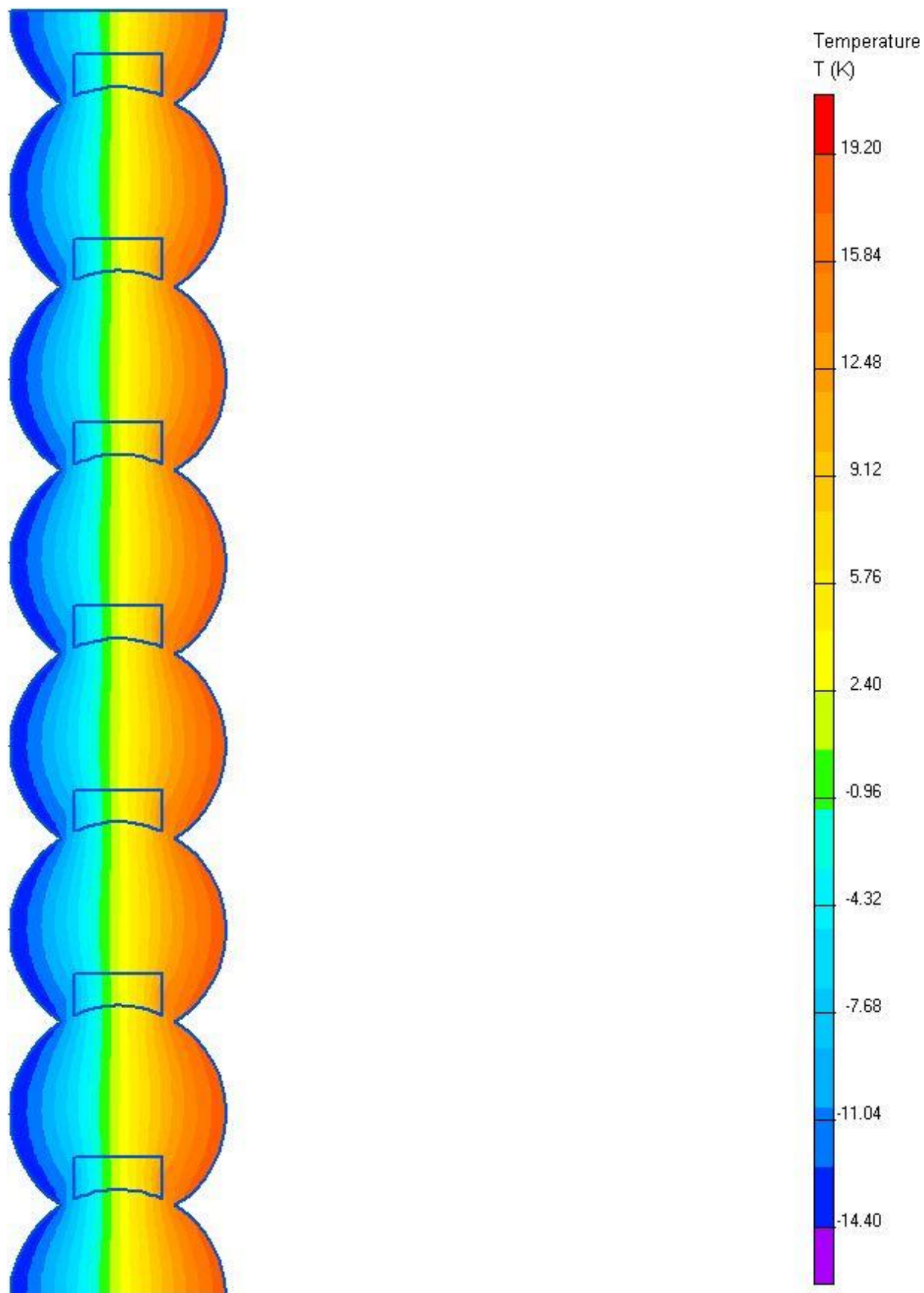


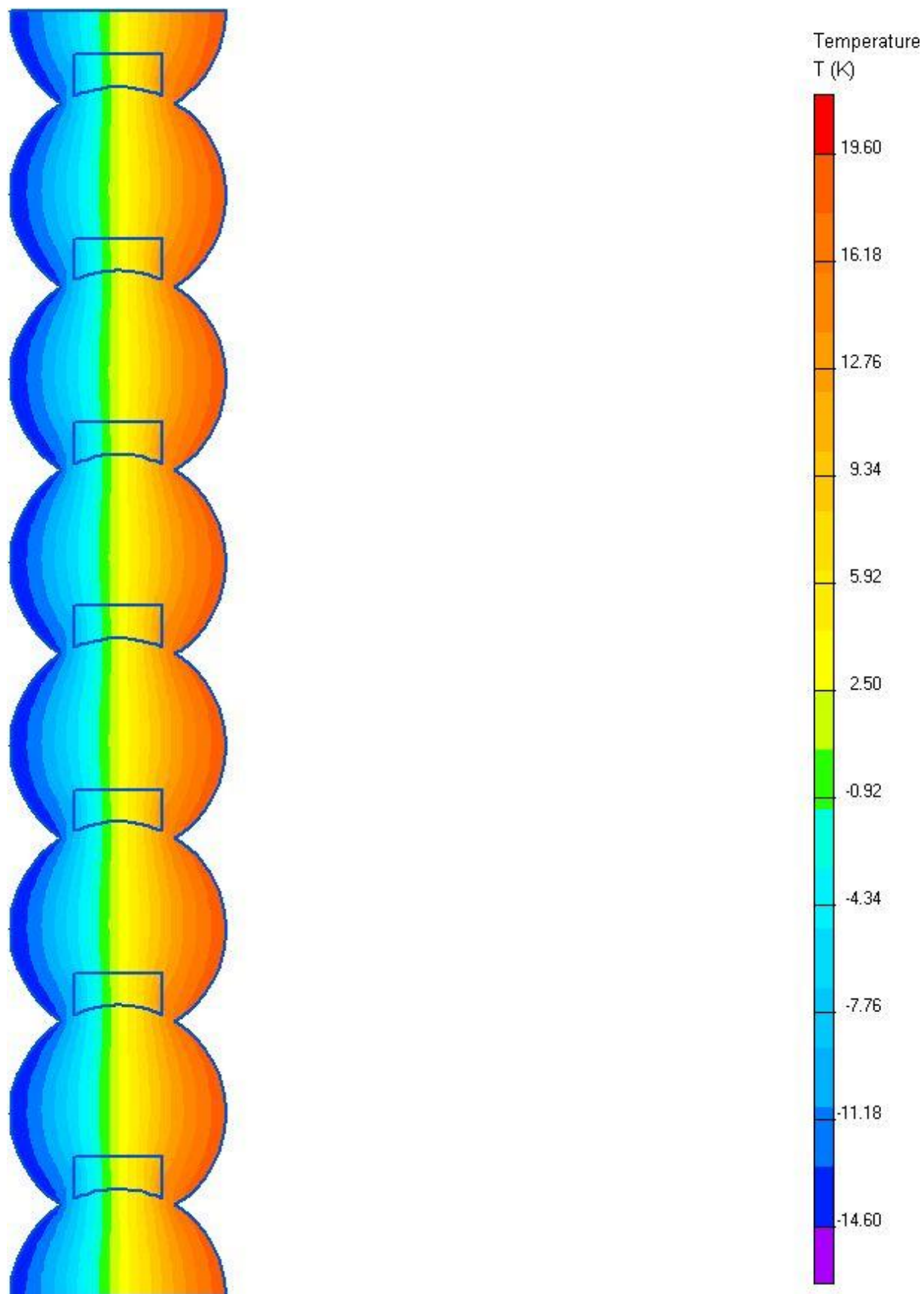
Poznámka ke grafu průběhů teplot: Jednotlivá minima nejsou vždy stejná, neboť v grafu uvedená minima neodpovídají zcela přesně jednotlivým stykům klád, ze kterých je stěna poskládána. Rozdíl je dán tím, že není možné do grafu geometricky přesně nadefinovat ta místa, kde bude teplota minimální a rozdíl několika mm je v tomto místě podstatný.

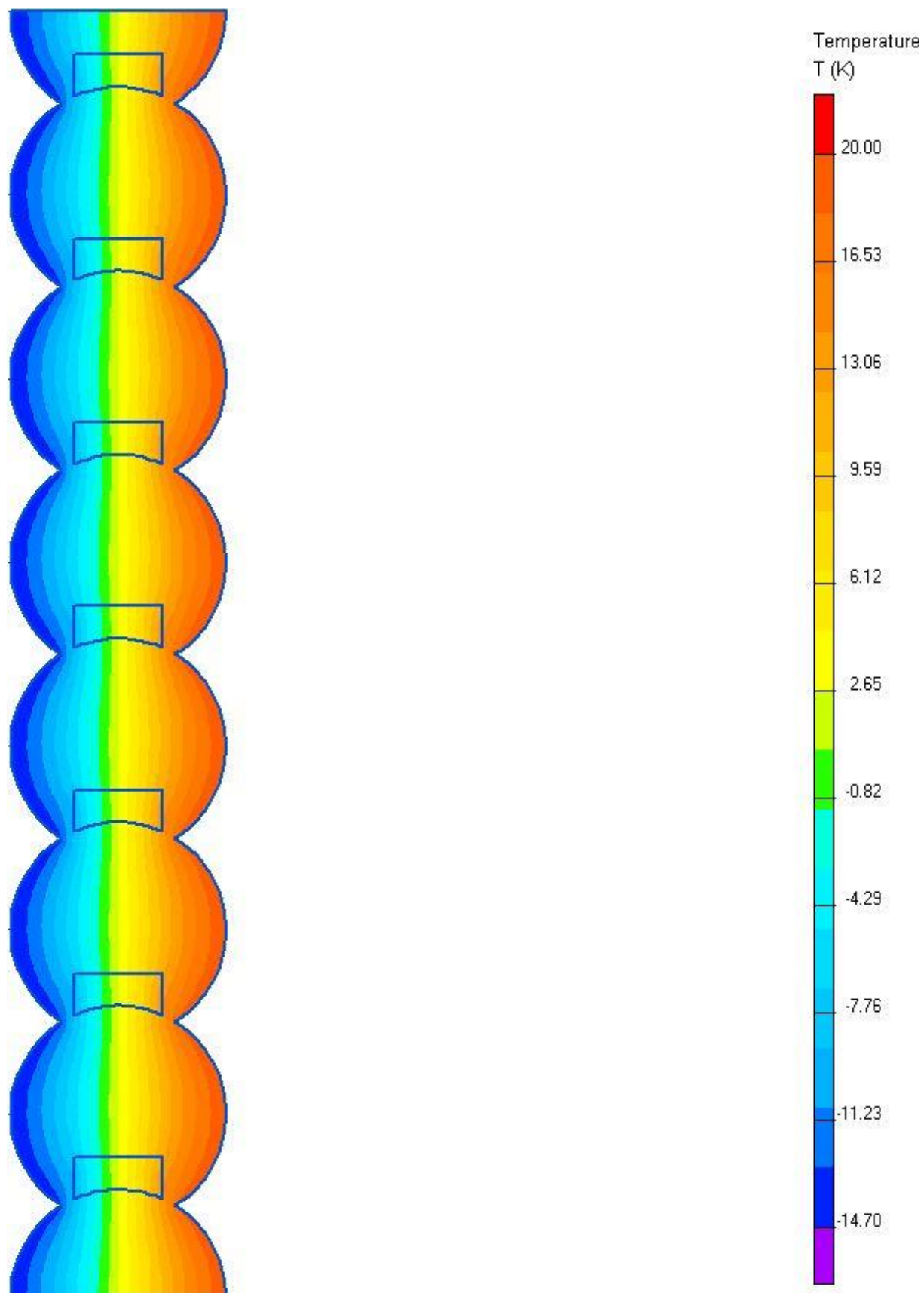
**Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů
tepelné vodivosti**

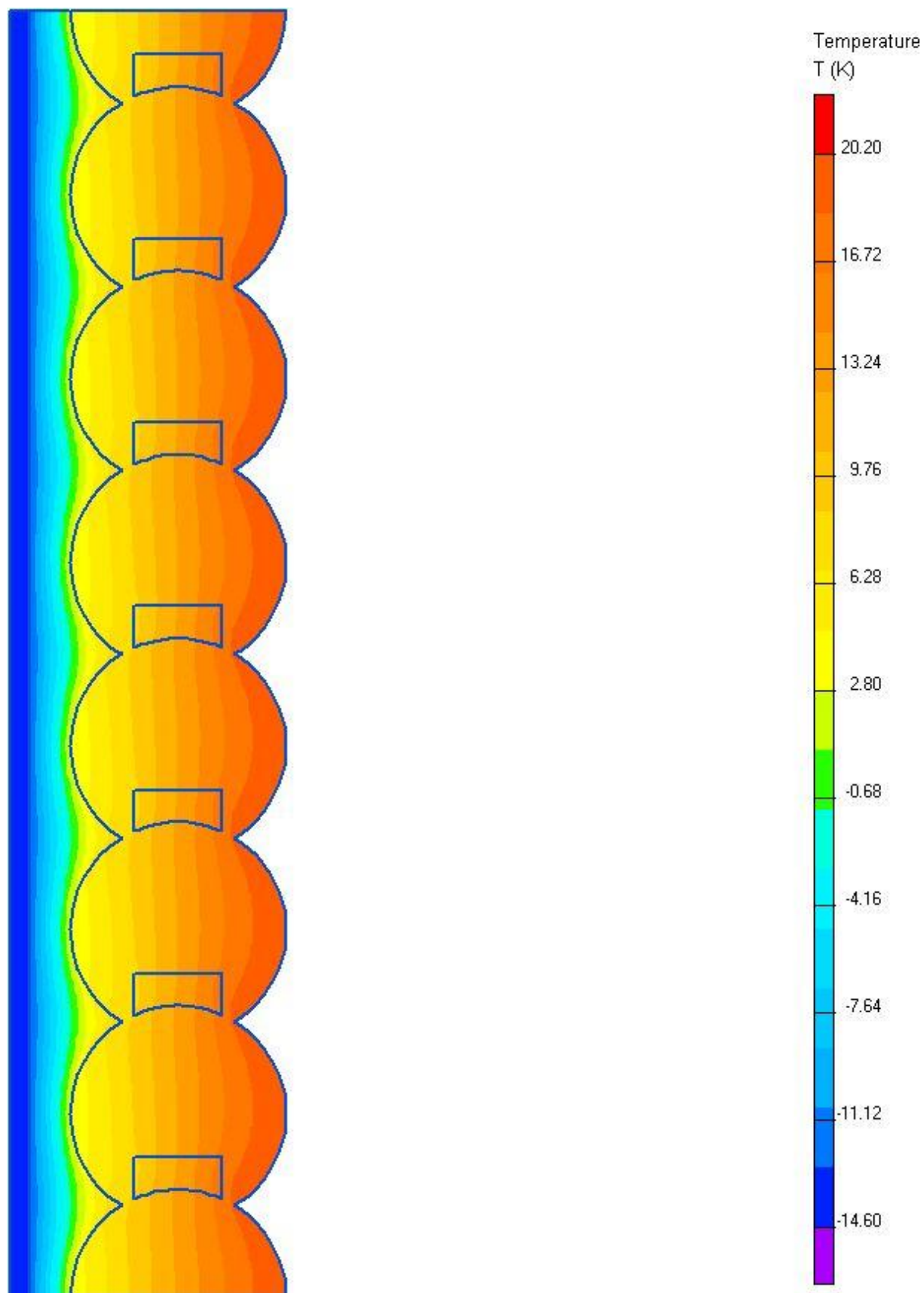


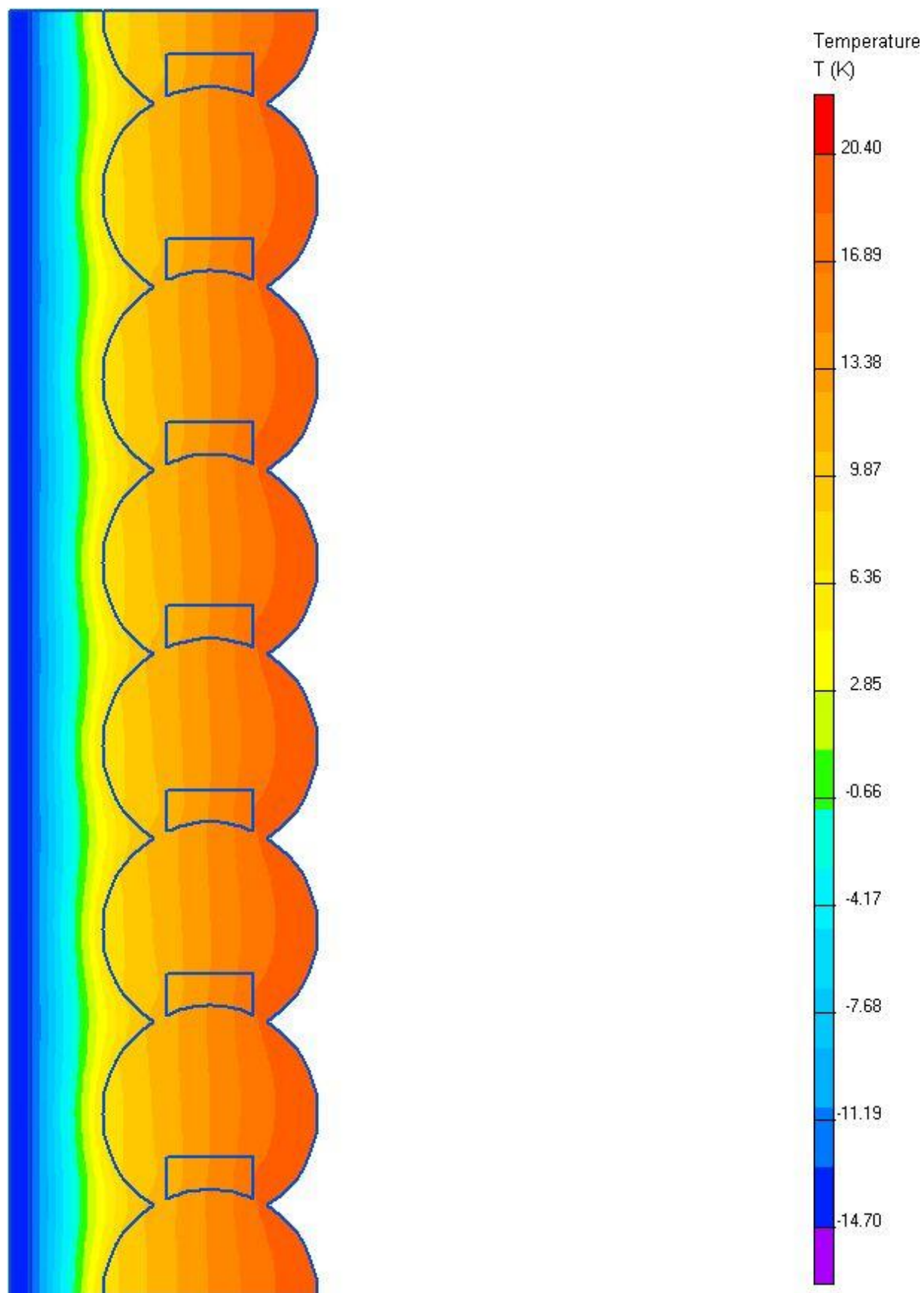


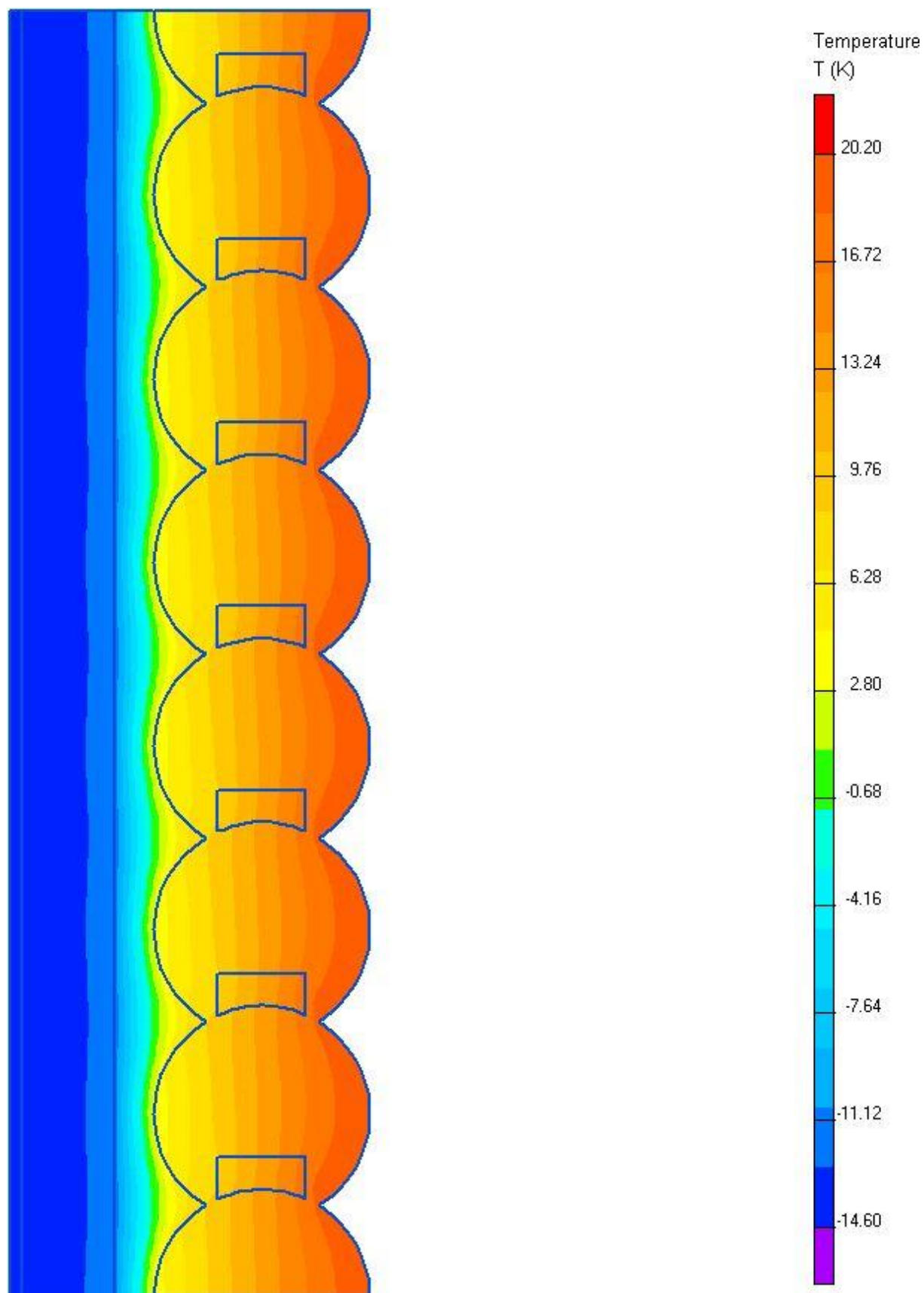


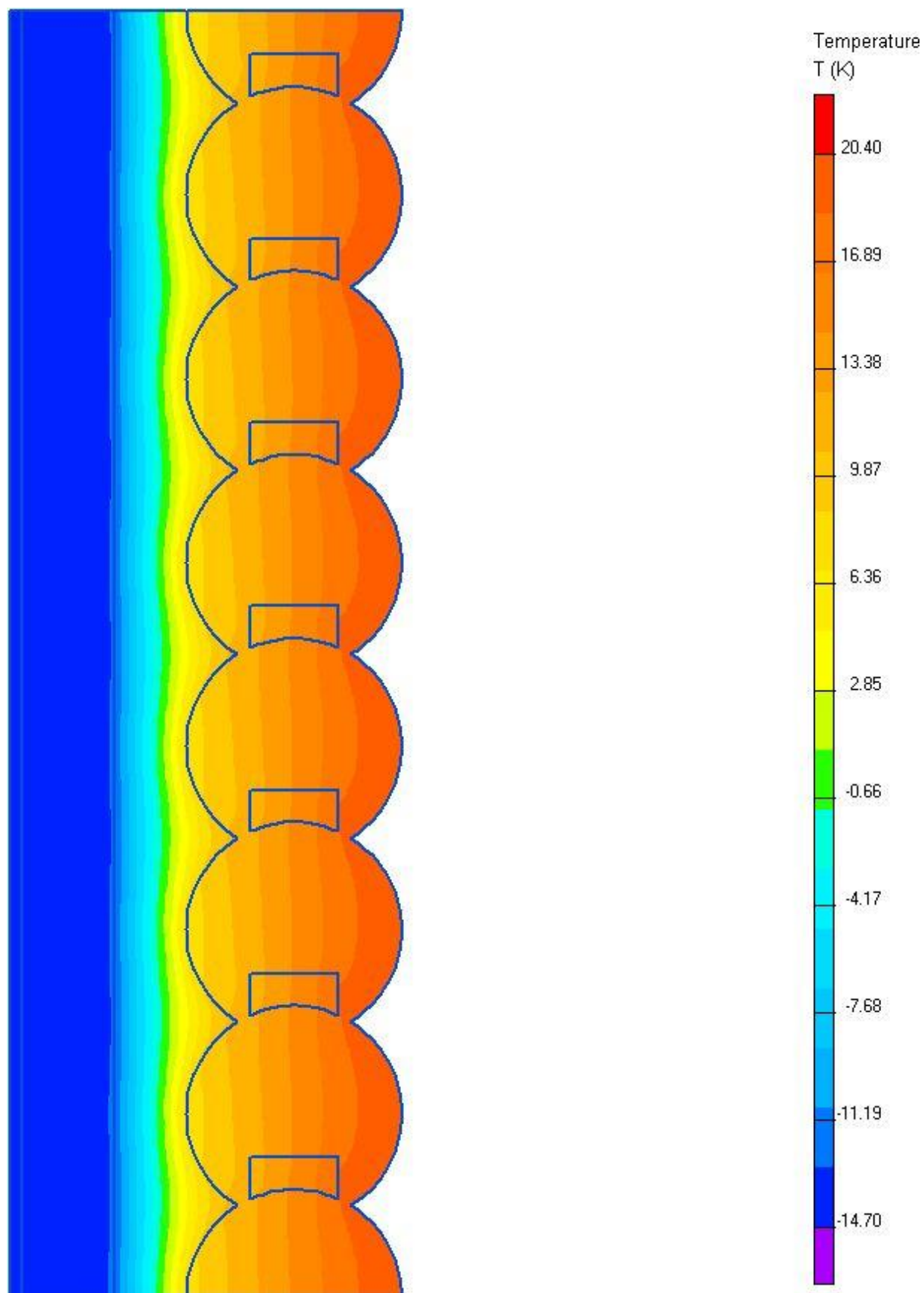












Detail 14

Detail 14 představuje srubovou stěnu provedenou z kuláčů o průměru 270 mm a její uložení na základu. Pod první vrstvu kuláčů se používá dřevěný hranol. Jako okrajová podmínka v zemině bylo zvoleno, že 2 metry pod terénem je trvalá teplota $+10^{\circ}\text{C}$. Tato okrajová podmínka sice neodpovídá ani české ani evropské normě, ale zjistili jsme, že při statickém řešení těchto úloh není možné se držet normových hodnot, neboť výsledky pak neodpovídají skutečnosti, respektive dlouhodobé zkušenosti, kdy nulová izoterma má vést v hloubce cca 1 m pod terénem.

Detail 14 Varianta 01

Varianta 1 je z plného dřeva o normových hodnotách součinitele tepelné vodivosti $\lambda = 0,18 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Nebylo uvažováno s tepelnou izolací vloženou mezi kuláče.

Detail 14 Varianta 02

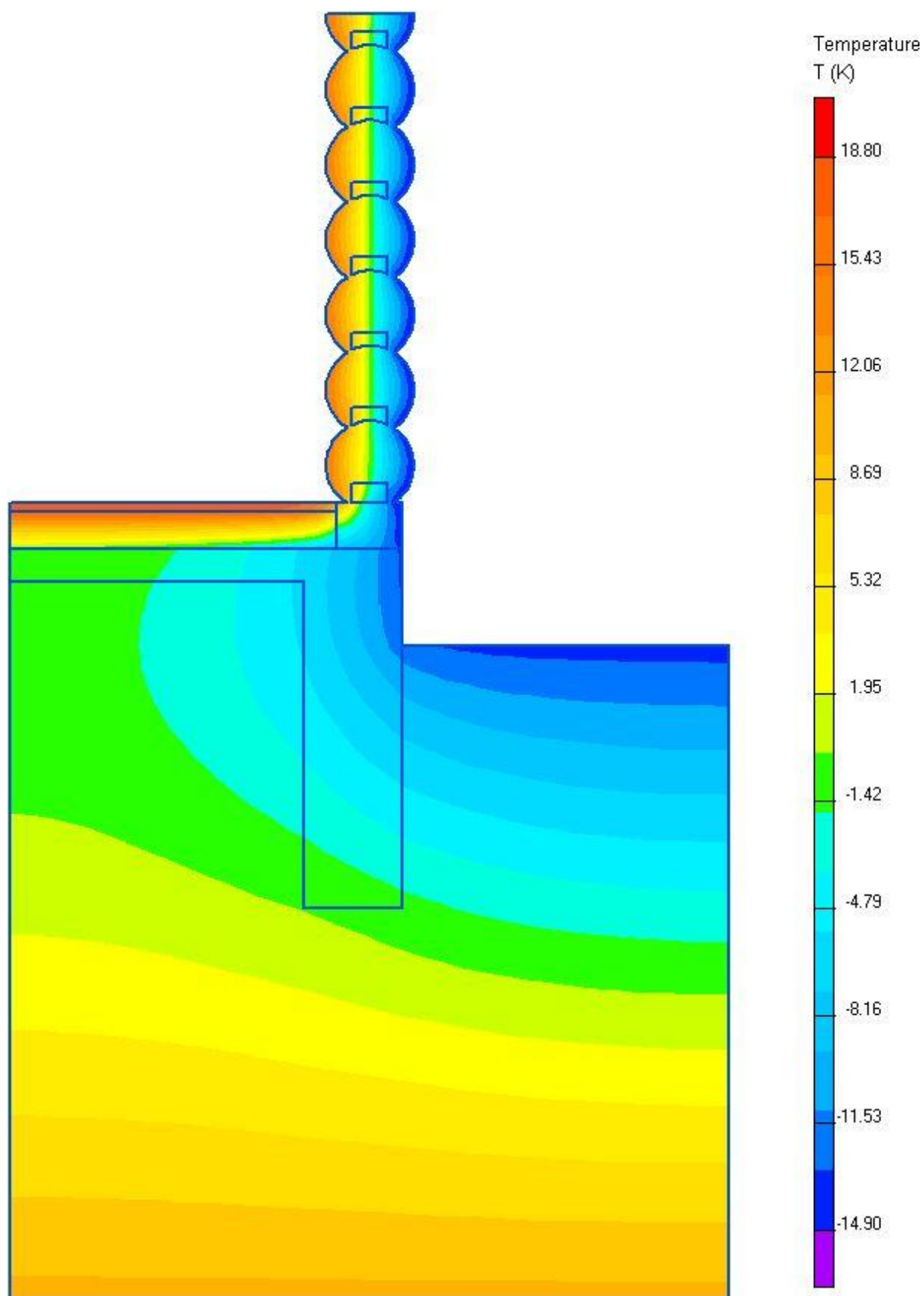
Stejná jako varianta 1, u základu je provedena tepelná izolace z vlny o síle 60 mm, opláštěna je dřevem o síle 25 mm.

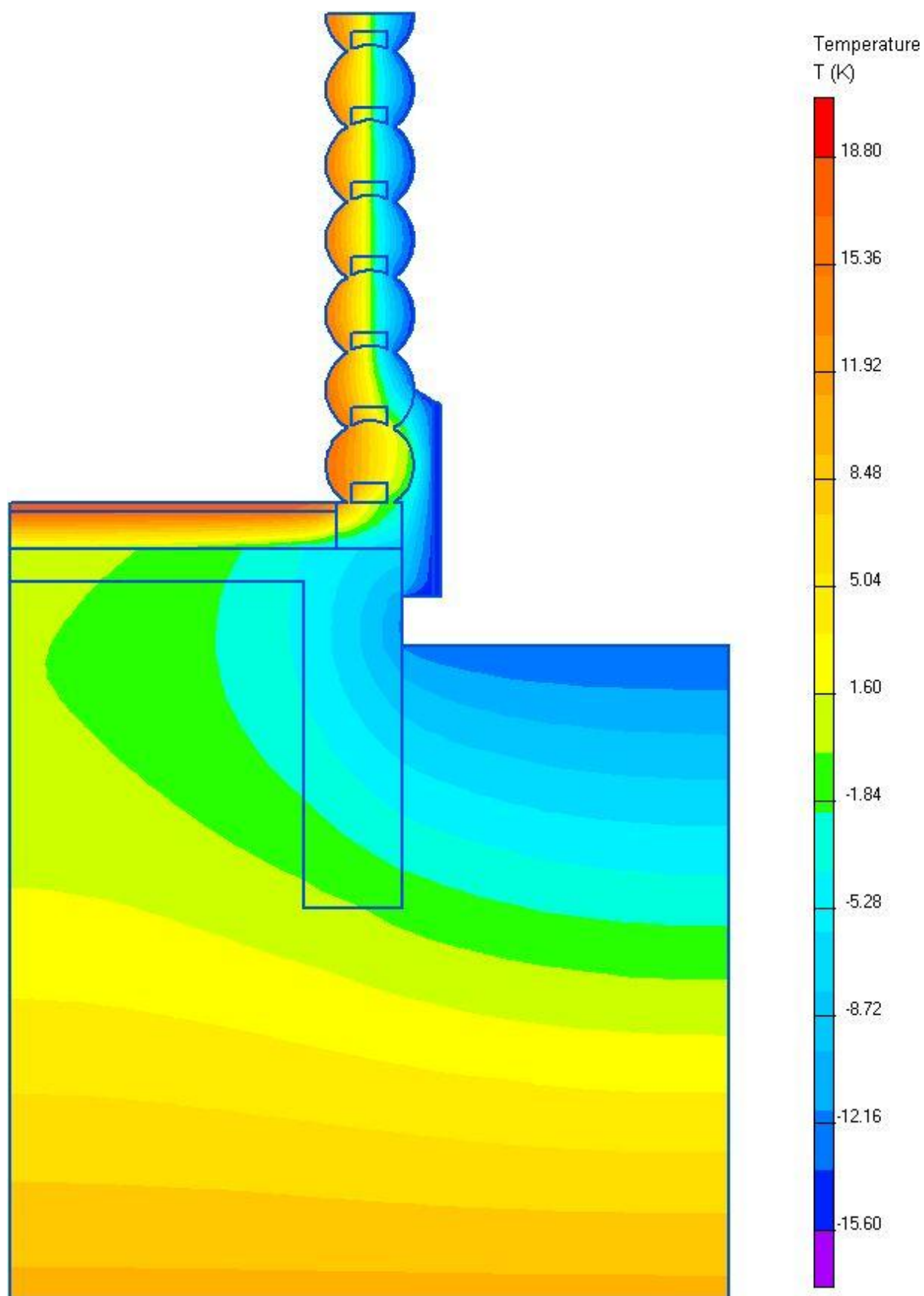
Detail 14 Varianta 03

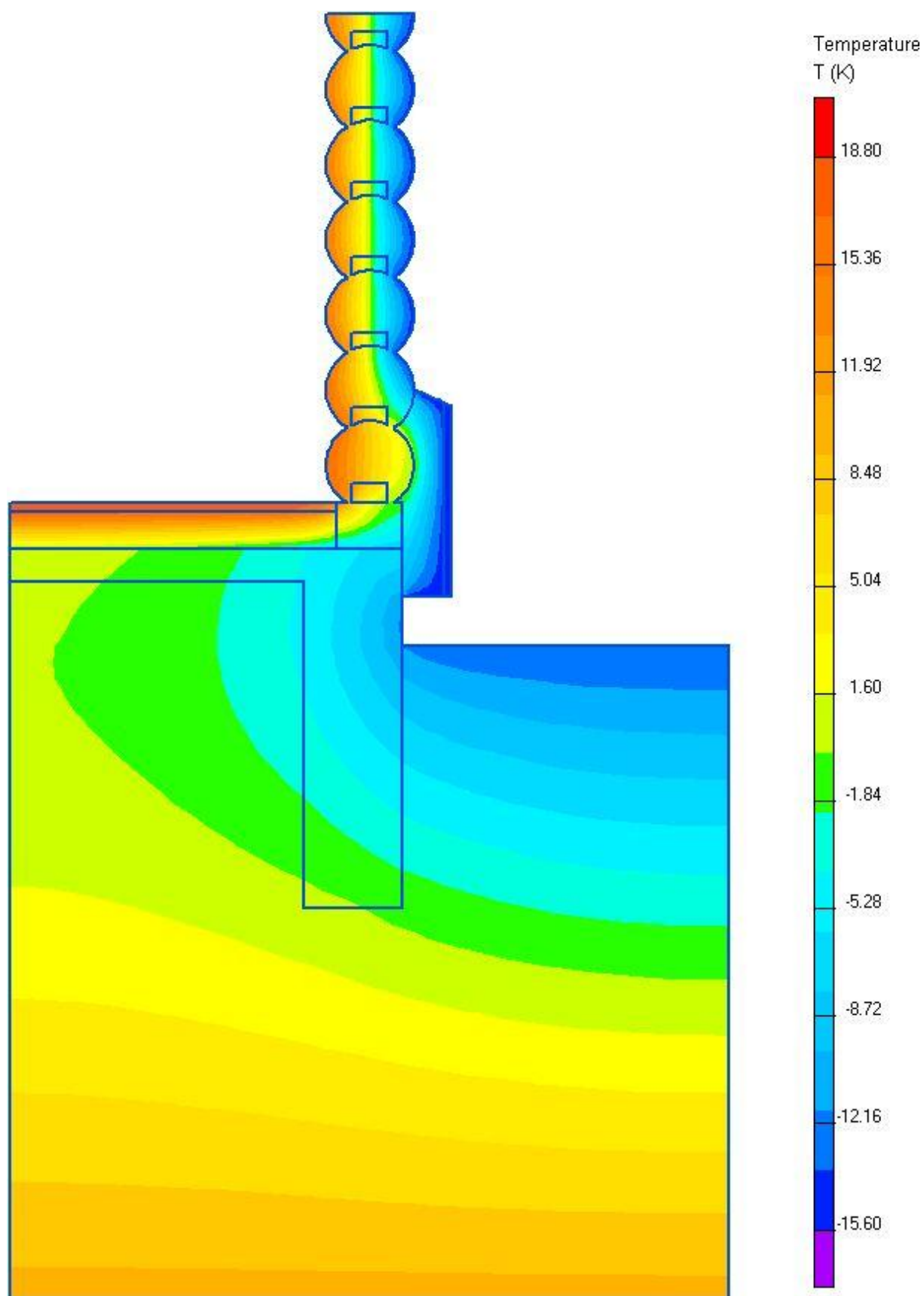
Stejná jako varianta 1, u základu je provedena tepelná izolace z vlny o síle 90 mm, opláštěna je dřevem o síle 25 mm.

Tabulka minimálních povrchových teplot

č. var.	varianta	minimální vnitřní povrchová teplota v místě sloupku $q_{si} / ^{\circ}\text{C}/$
01	bez izolace	8,55
02	60 mm ovčí vlny	11,25
03	90 mm ovčí vlny	11,55







Detail 15

Detail 15 představuje klasický dřevěný trámový strop na zdivu z plných cihel u pozednice. V tomto detailu se ve starších půdních nástavbách i u novostaveb setkáváme s tím, že část půdního prostoru je oddělena sádkartonovou příčkou s tepelnou izolací tak, aby v místnosti byla nejnižší podchodná výška 130 až 150 cm. Tím se celý detail stává zajímavý, protože dochází v tomto místě k ochlazování stropu posledního podlaží.

Detail 15 Varianta 01

Jde o obvyklý případ. Podkrovní vestavba není provedena.

Detail 15 Varianta 02

Jde o stejný případ jako je varianta 01, je již provedena půdní vestavba. Tepelná izolace je umístěna v příčce a v podhledu půdní vestavby.

Detail 15 Varianta 03

Jde o stejný případ jako je varianta 01, tepelná izolace mezi krokvemi je vedena až k pozednici.

Detail 15 Varianta 04

Jde o stejný případ jako je varianta 02, do podlahy byl mezi stropní trámy nafoukán Climatizer plus.

Detail 15 Varianta 05

Jde o stejný případ jako je varianta 03, do podlahy byl mezi stropní trámy nafoukán Climatizer plus.

Detail 15 Varianta 06

Jde o stejný případ jako je varianta 01, do podlahy byl mezi stropní trámy nafoukán Climatizer plus.

Detail 15 Varianta 07

Jde o stejný případ jako je varianta 02, na podlahu půdního prostoru bylo přidáno 160 mm tepelné izolace Rockwool.

Detail 15 Varianta 08

Jde o stejný případ jako je varianta 03, na podlahu půdního prostoru bylo přidáno 160 mm tepelné izolace Rockwool.

Detail 15 Varianta 09

Jde o stejný případ jako je varianta 04, na podlahu půdního prostoru bylo přidáno 160 mm tepelné izolace Rockwool.

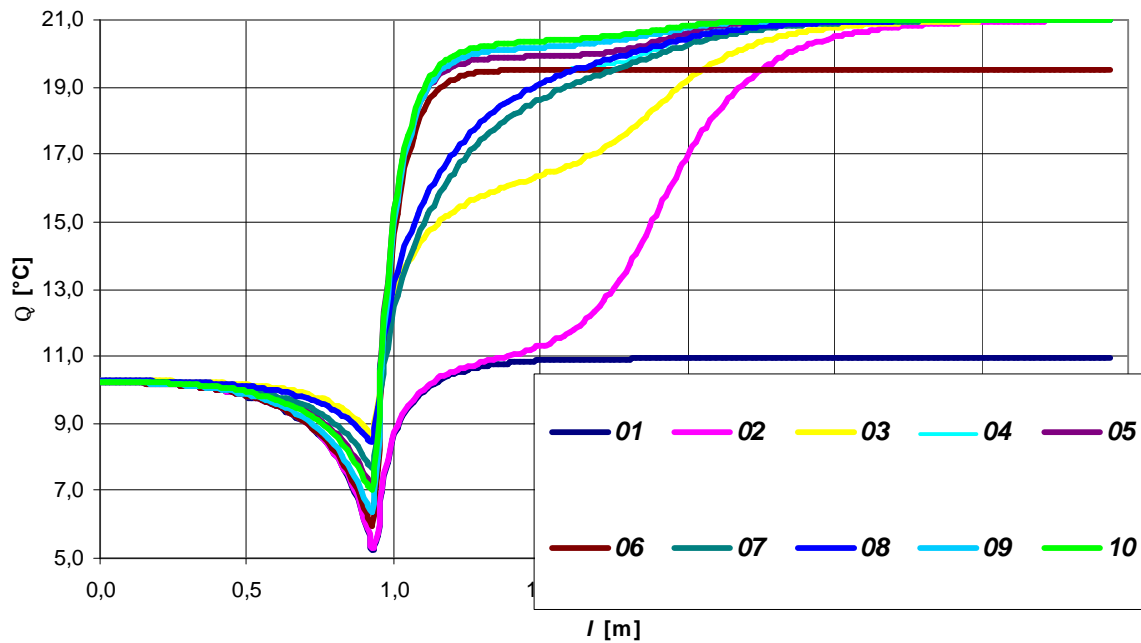
Detail 15 Varianta 10

Jde o stejný případ jako je varianta 05, na podlahu půdního prostoru bylo přidáno 160 mm tepelné izolace Rockwool.

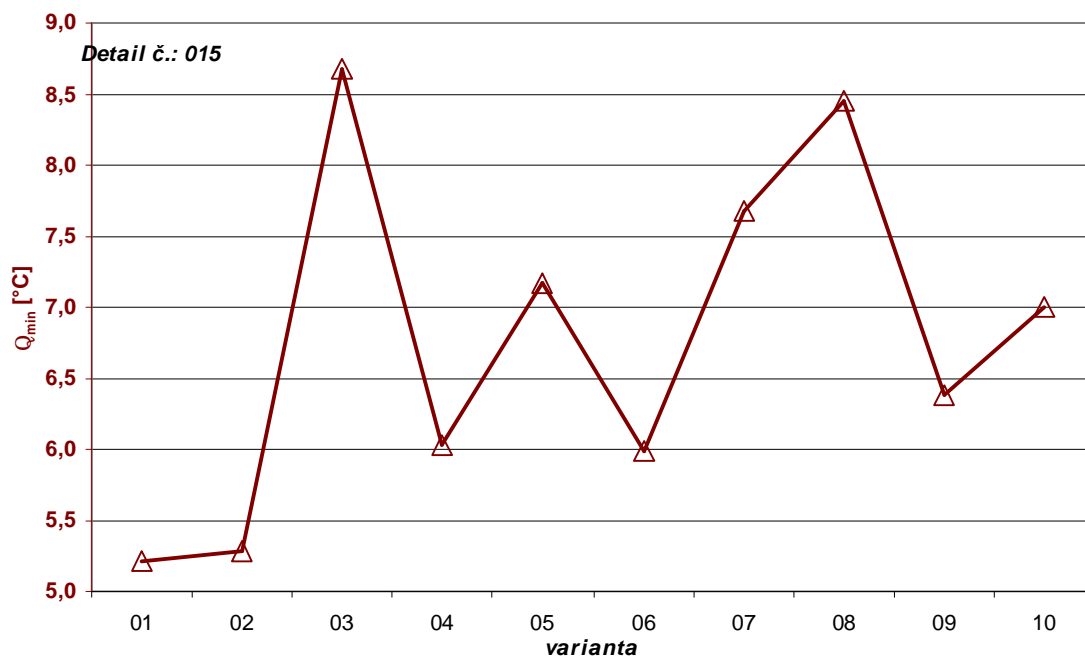
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

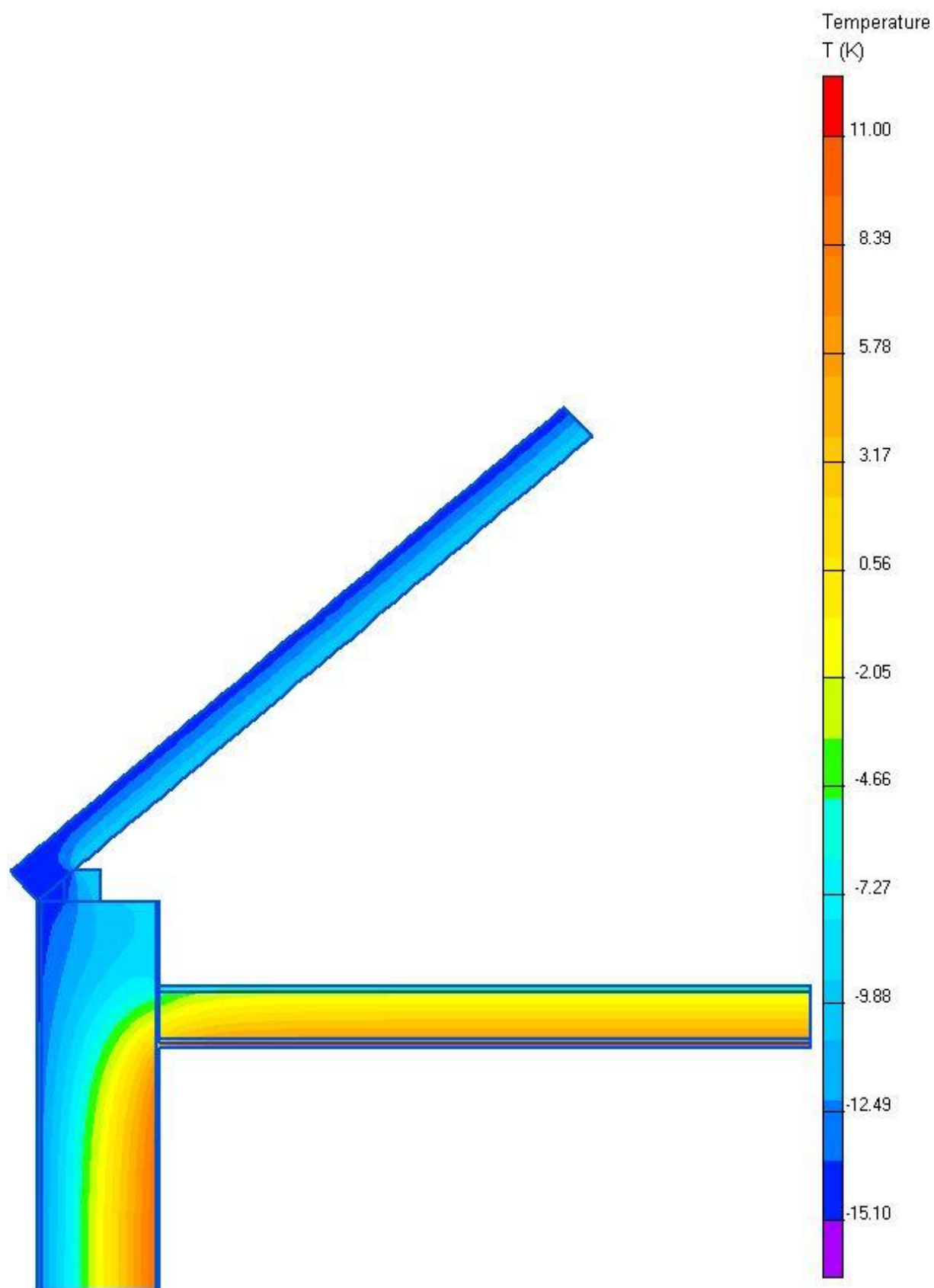
015 Strop dřevěný trámový u obvodové stěny a u vestavby podkroví			
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)		Q_{simn}
	zdivo	A	°C
01	CP 440, bez půdní vestavby	0	5,22
02	CP 440, zatepleno mezi trámy do úrovně stěny půdní vestavby	0	5,28
03	CP 440, zatepleno mezi krokvemi po pozednici	0	8,68
04	CP 440, zatepleno mezi krokvemi do úrovně stěny půdní vestavby, v dutině podlahy CLIMATIZER	0	6,02
05	CP 440, zatepleno mezi krokvemi po pozednici, v dutině podlahy CLIMATIZÉR	0	7,17
06	CP 440, bez půdní vestavby, v dutině podlahy CLIMATIZÉR	0	5,99
07	CP 440, zatepleno mezi krokvemi do úrovně stěny půdní vestavby	160	7,67
08	CP 440, zatepleno mezi krokvemi po pozednici	160	8,45
09	CP 440, zatepleno mezi krokvemi do úrovně stěny půdní vestavby, v dutině podlahy CLIMATIZER	160	6,39
10	CP 440, zatepleno mezi krokvemi po pozednici, v dutině podlahy CLIMATIZÉR	160	6,99

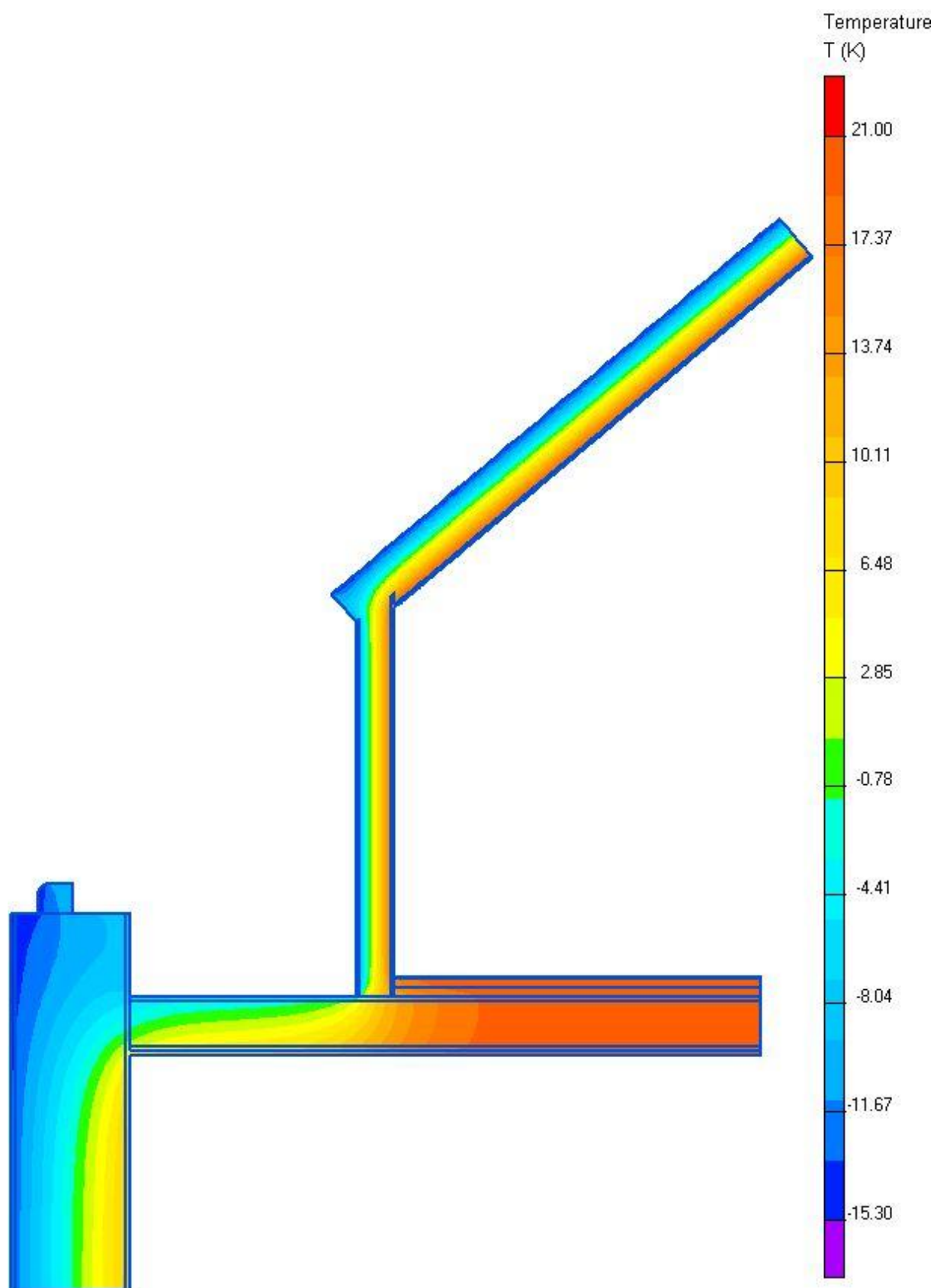
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

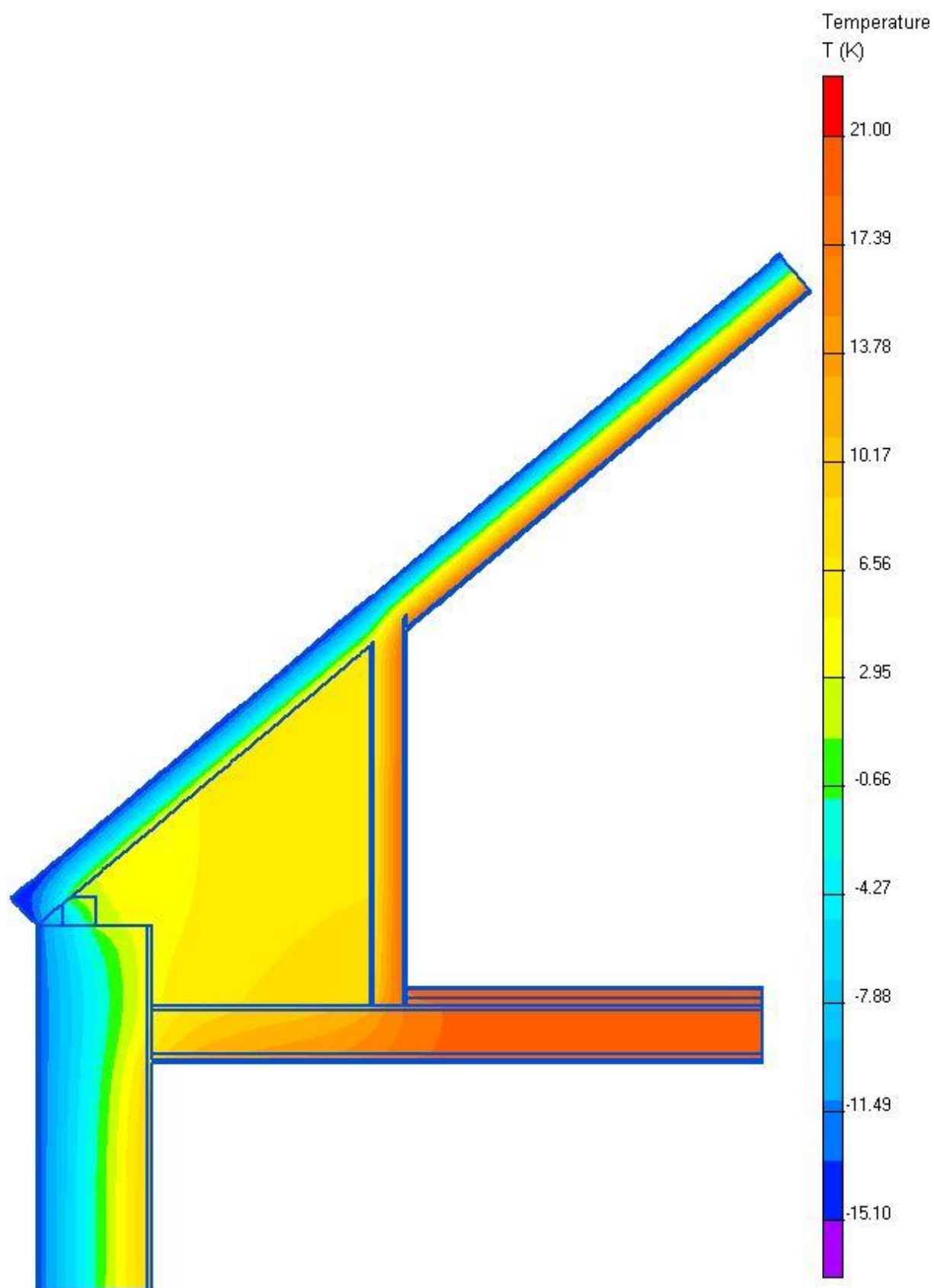


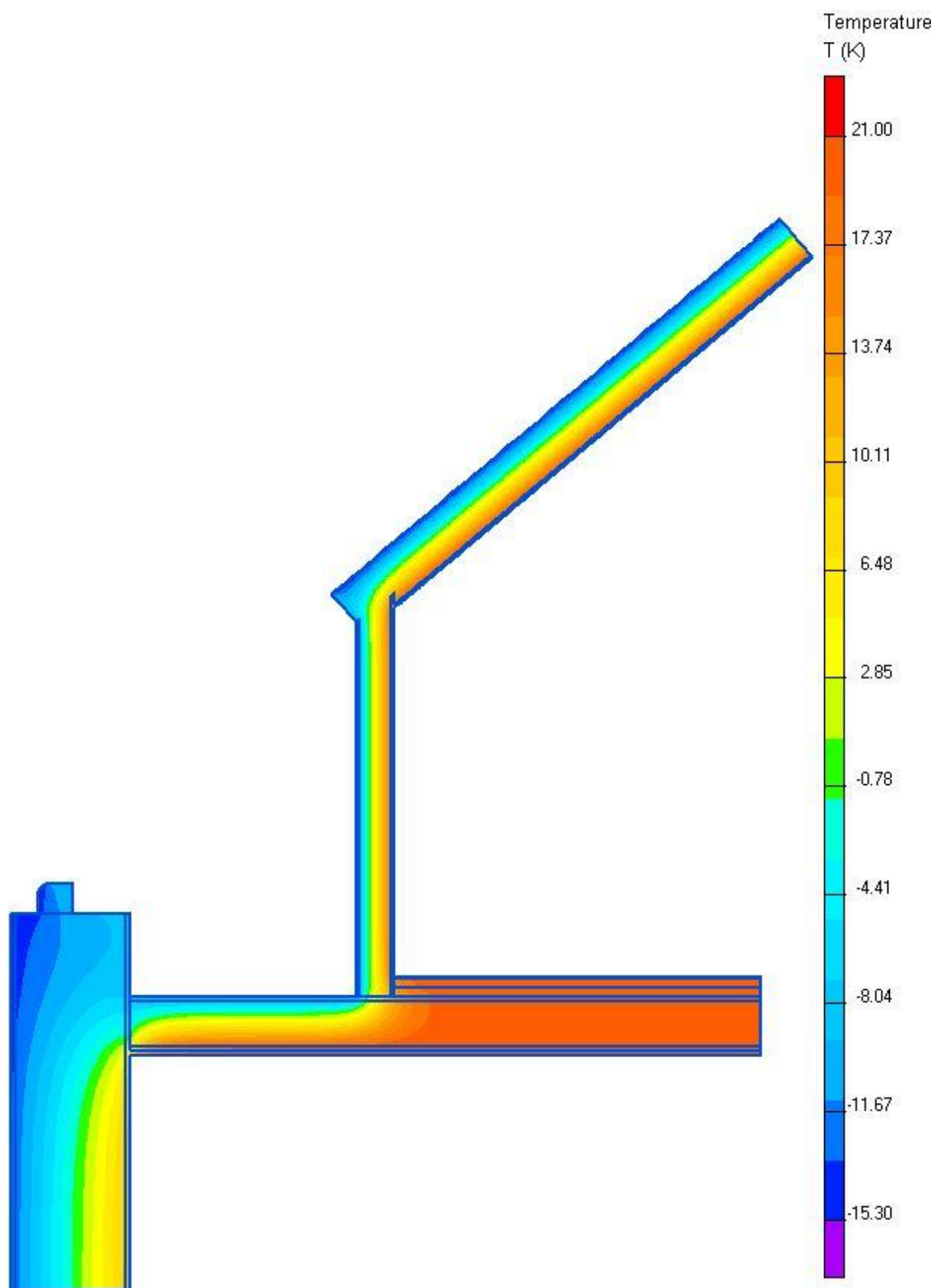
Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů tepelné vodivosti

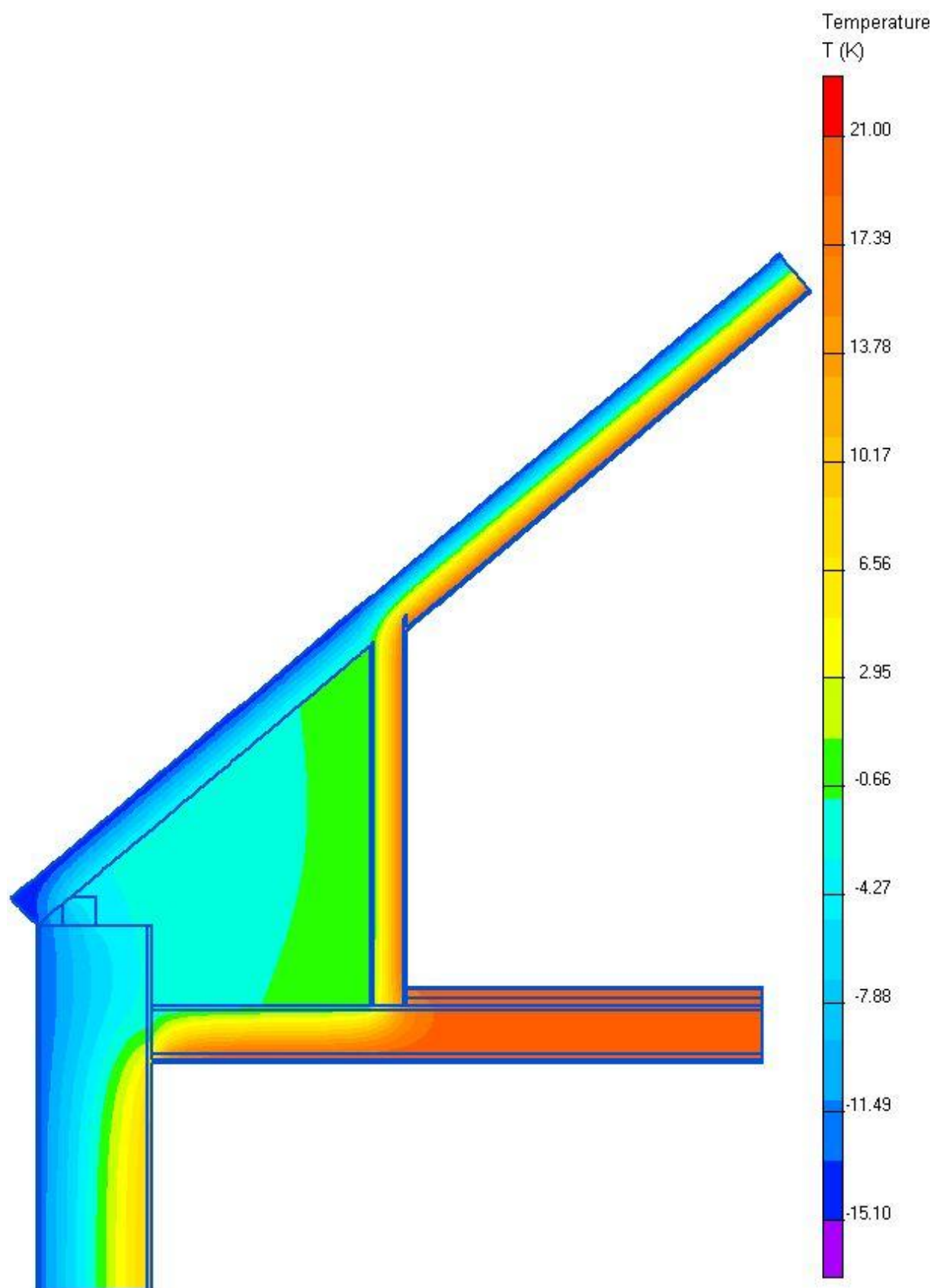


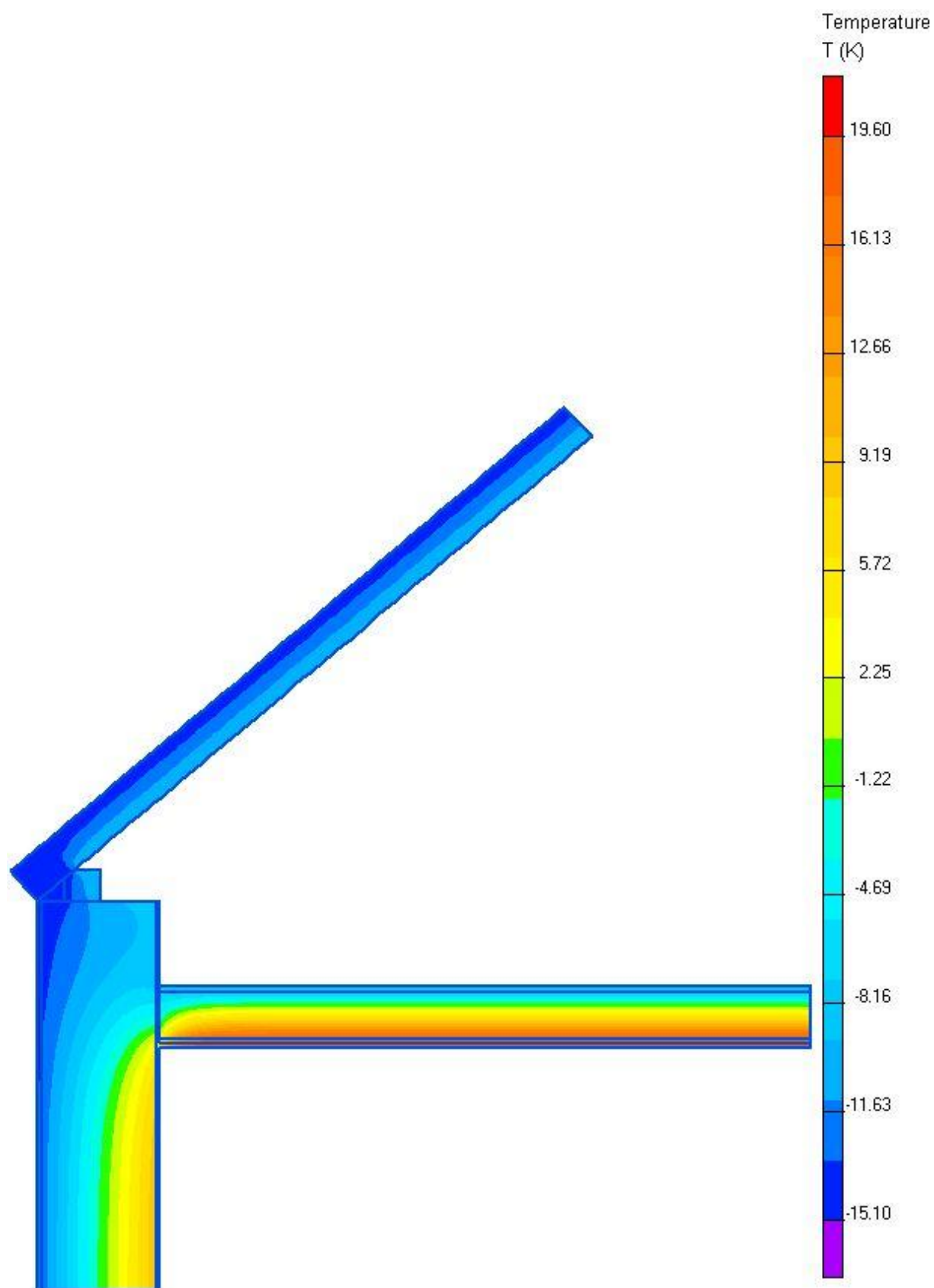


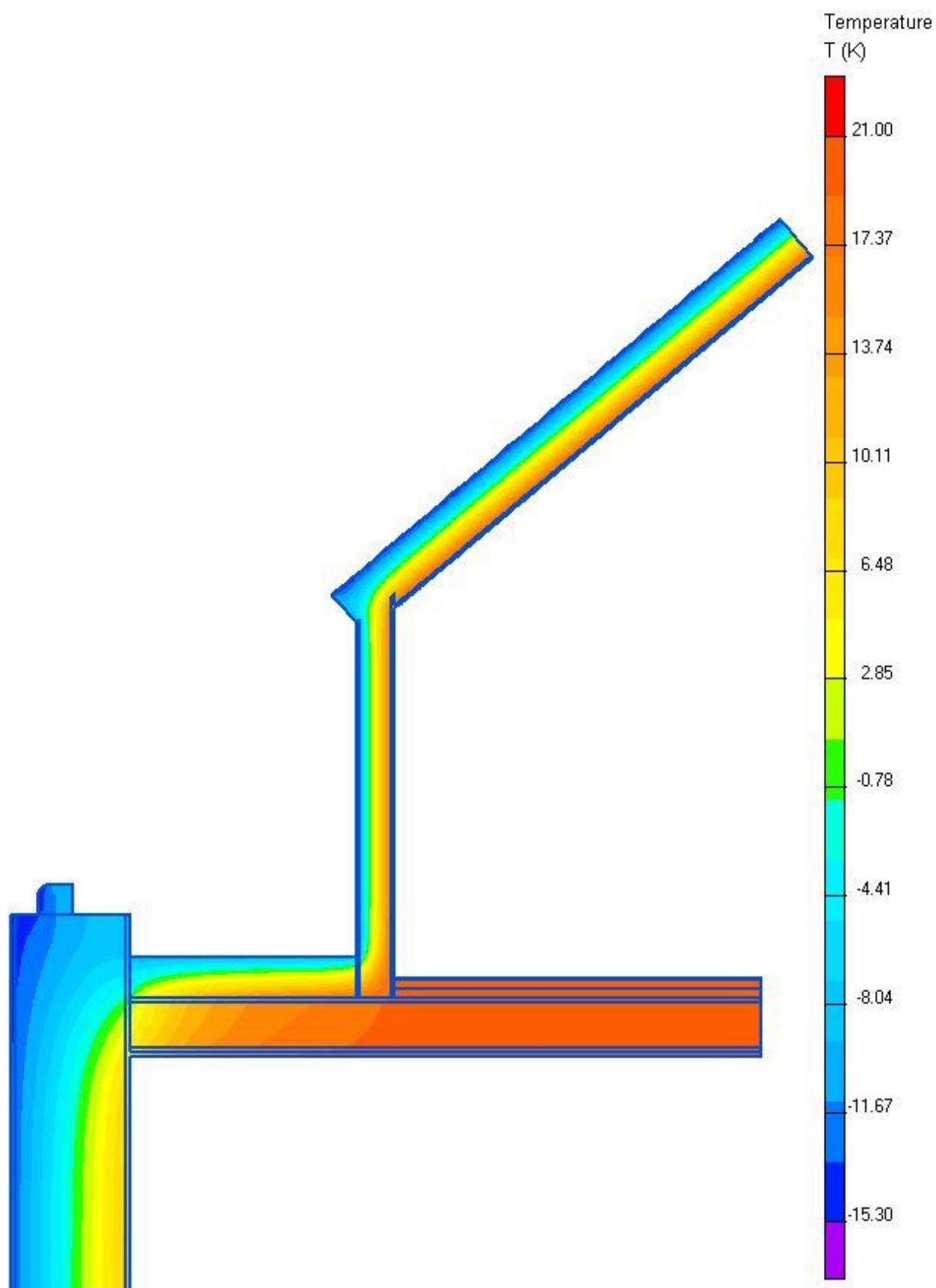


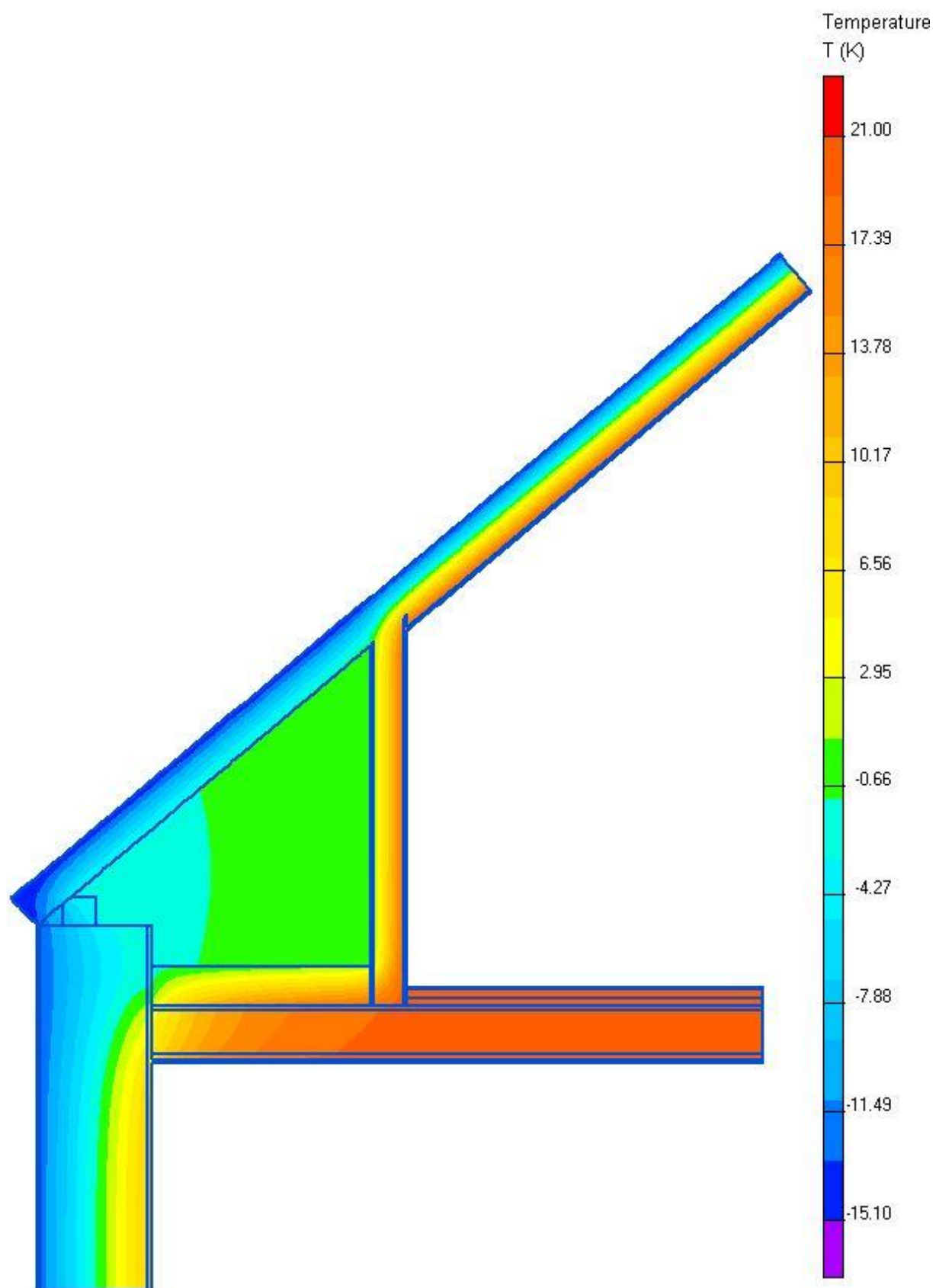


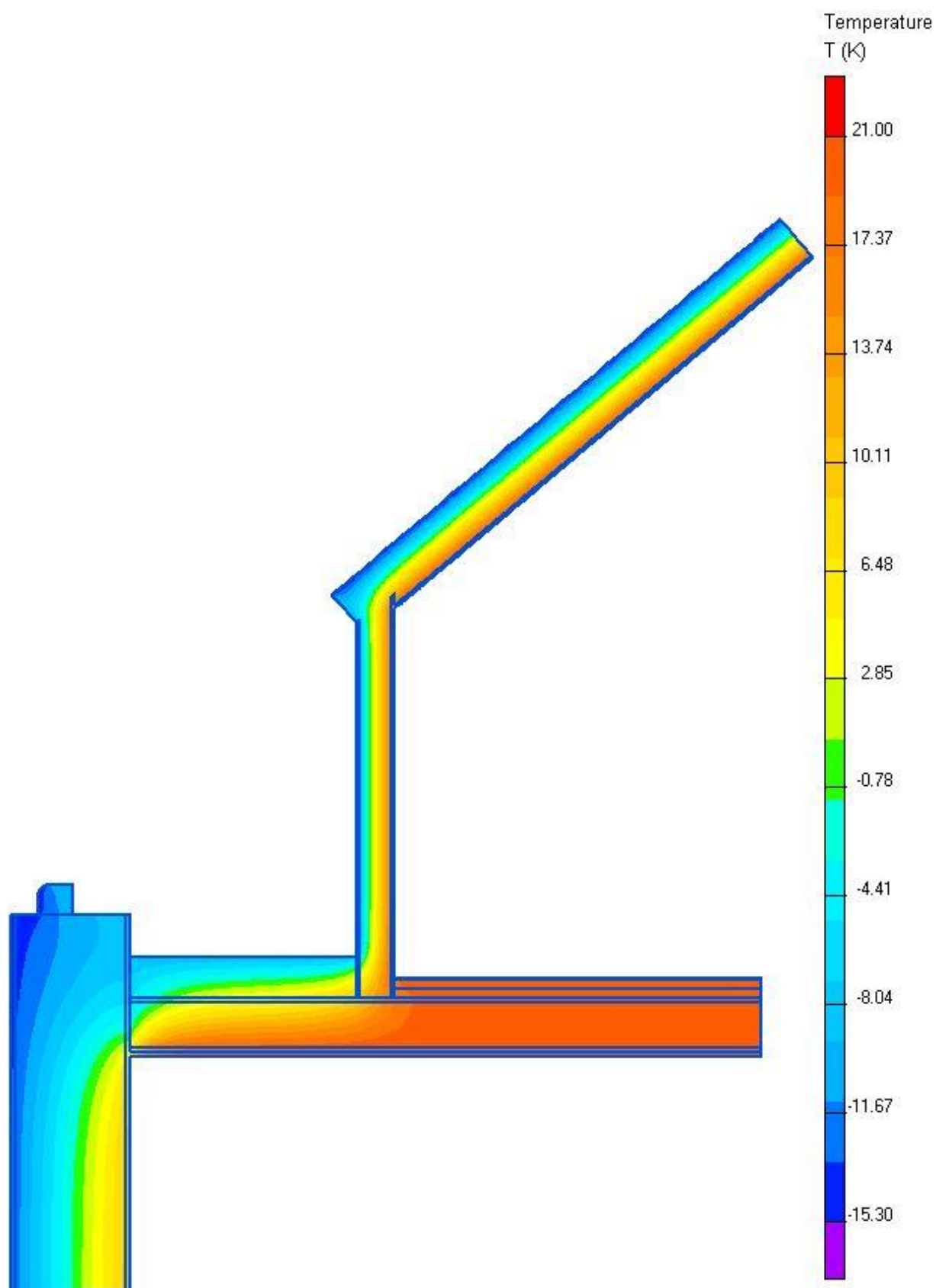


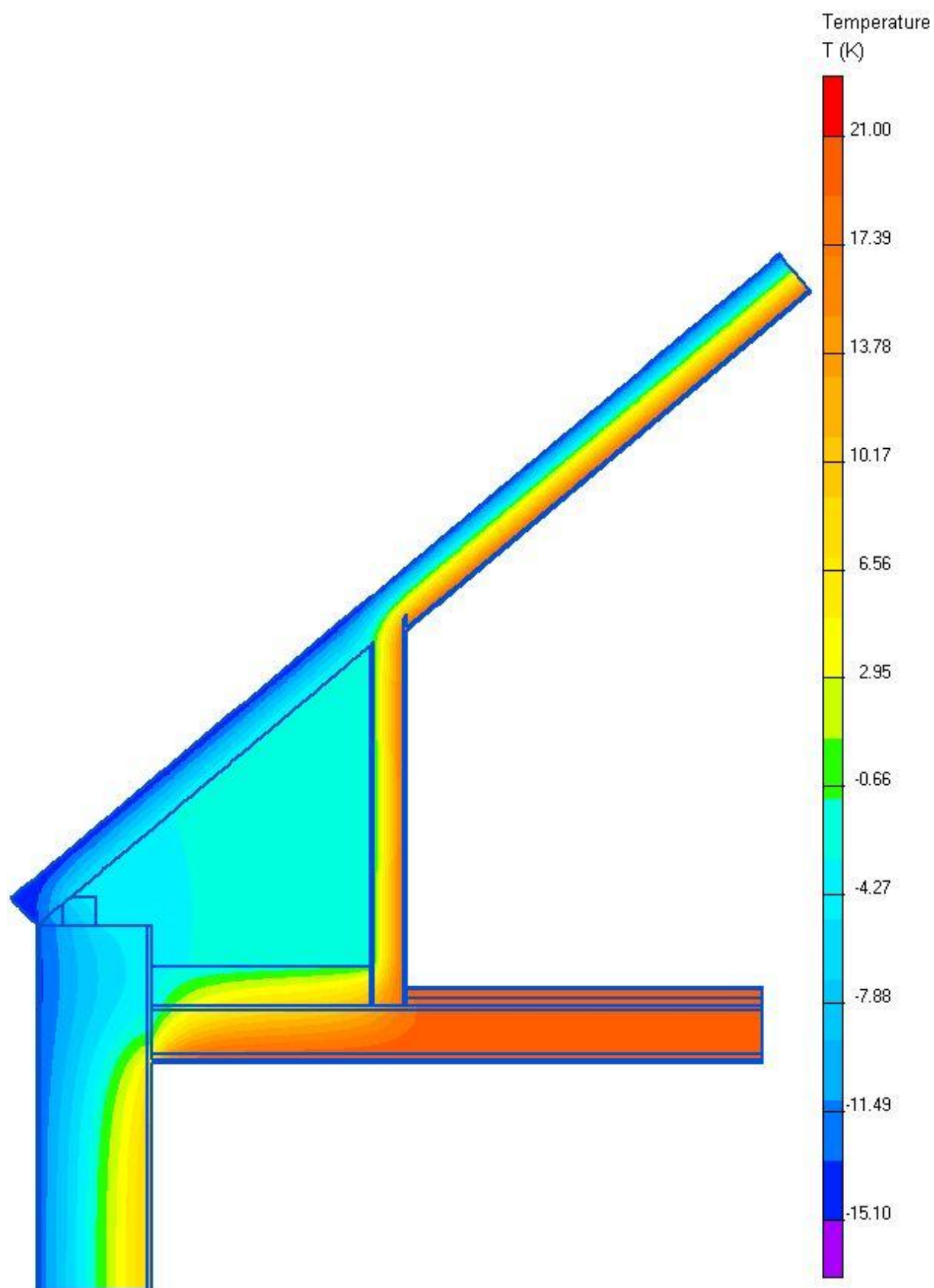












Detail 16

Detail 16 představuje klasickou stavbu, tentokrát se jedná o strop z hurdis do ocelových I nosníků u pozednice. V tomto detailu se ve starších půdních nástavbách i u novostaveb setkáváme s tím, že část půdního prostoru je oddělena sádkartonovou příčkou s tepelnou izolací tak, aby v místnosti byla nejnižší podchodná výška 130 až 150 cm. Tím se celý detail stává zajímavý, protože dochází v tomto místu k ochlazování stropu posledního podlaží.

Detail 16 Varianta 01

Jde o obvyklý případ. Podkrovní vestavba není provedena, zdivo z cihel CP, síla zdiva 45 cm.

Detail 16 Varianta 02

Jde o stejný případ jako je varianta 01, je již provedena půdní vestavba. Tepelná izolace je umístěna v příčce a v podhledu půdní vestavby.

Detail 16 Varianta 03

Jde o stejný případ jako je varianta 01, tepelná izolace mezi krokviemi je vedena až k pozednici.

Detail 16 Varianta 04

Jde o stejný případ jako je varianta 01, zdivo je CDm tloušťky 37,5 cm.

Detail 15 Varianta 05

Jde o stejný případ jako je varianta 04, je již provedena půdní vestavba. Tepelná izolace je umístěna v příčce a v podhledu půdní vestavby.

Detail 15 Varianta 06

Jde o stejný případ jako je varianta 04, tepelná izolace mezi krokviemi je vedena až k pozednici.

Detail 16 Varianta 07

Jde o stejný případ jako je varianta 01, je již provedena půdní vestavba. Tepelná izolace je umístěna v příčce a v podhledu půdní vestavby. Podlaha na půdním prostoru je zaizolovaná 160 mm tepelné izolace Rockwool.

Detail 16 Varianta 08

Jde o stejný případ jako je varianta 01, tepelná izolace mezi krokvemi je vedena až k pozednici. Podlaha na půdním prostoru je zaizolovaná 160 mm tepelné izolace Rockwool.

Detail 15 Varianta 09

Jde o stejný případ jako je varianta 04, je již provedena půdní vestavba. Tepelná izolace je umístěna v příčce a v podhledu půdní vestavby. Podlaha na půdním prostoru je zaizolovaná 160 mm tepelné izolace Rockwool.

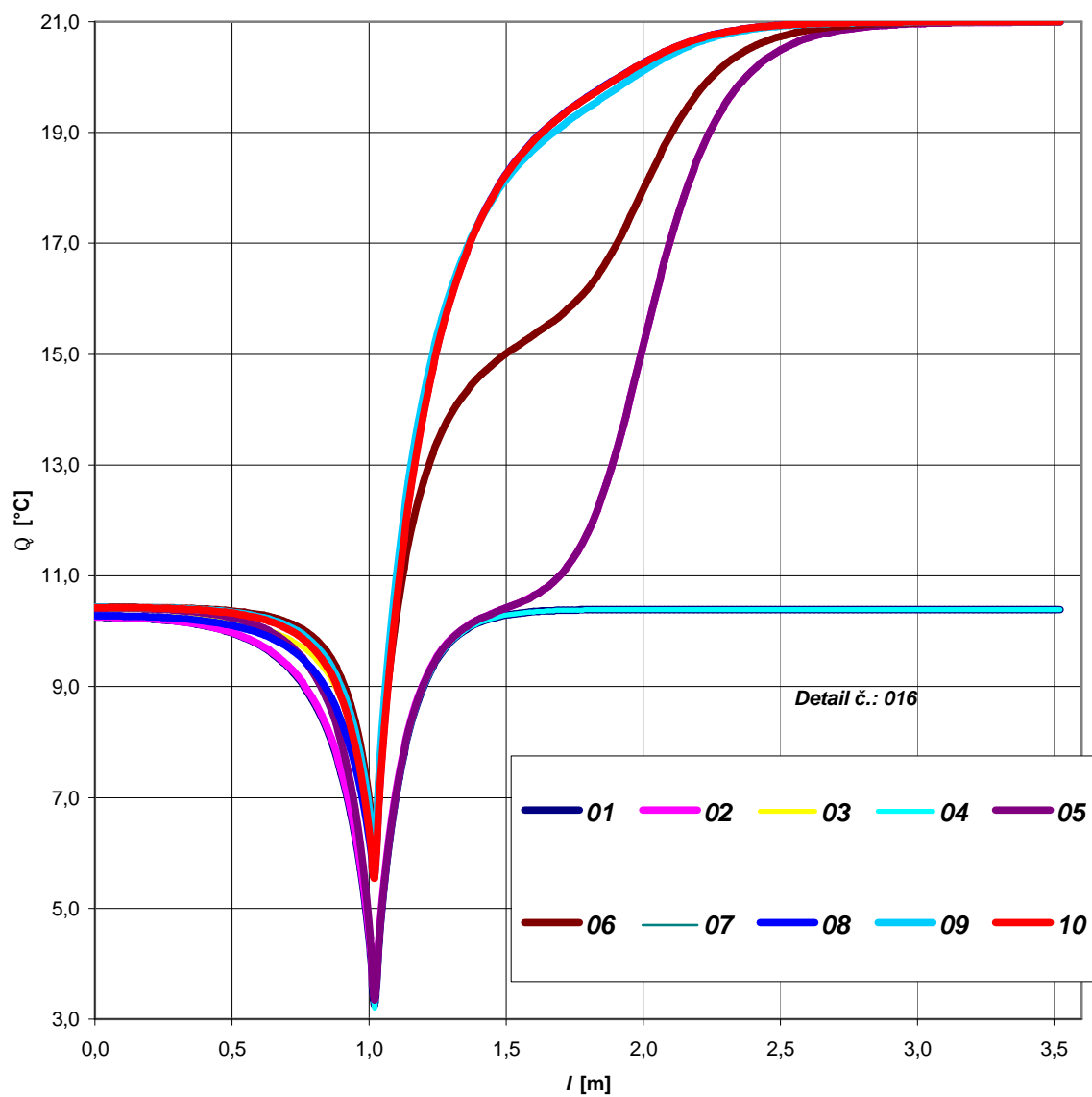
Detail 15 Varianta 10

Jde o stejný případ jako je varianta 04, tepelná izolace mezi krokvemi je vedena až k pozednici. Podlaha na půdním prostoru je zaizolovaná 160 mm tepelné izolace Rockwool.

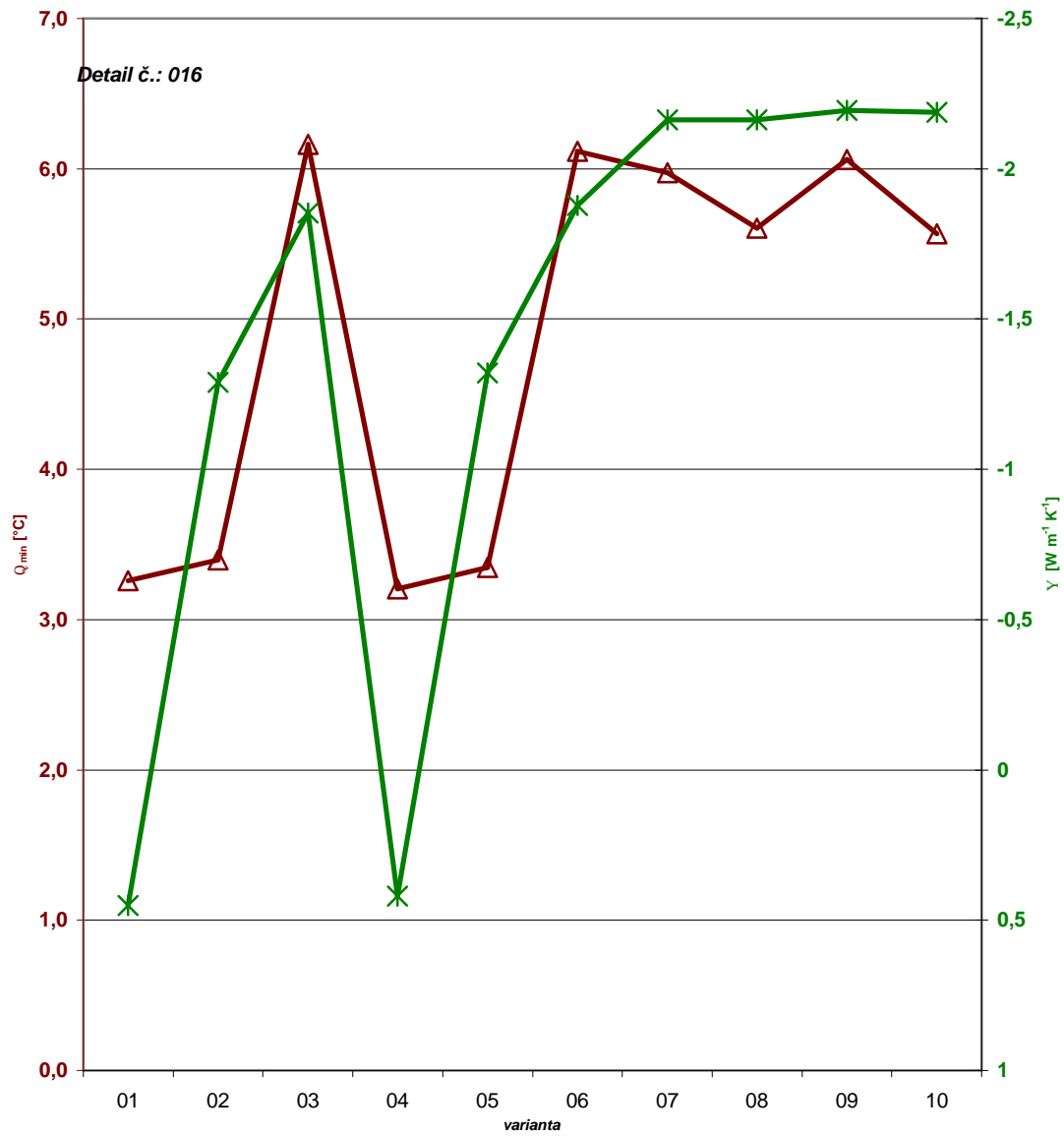
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

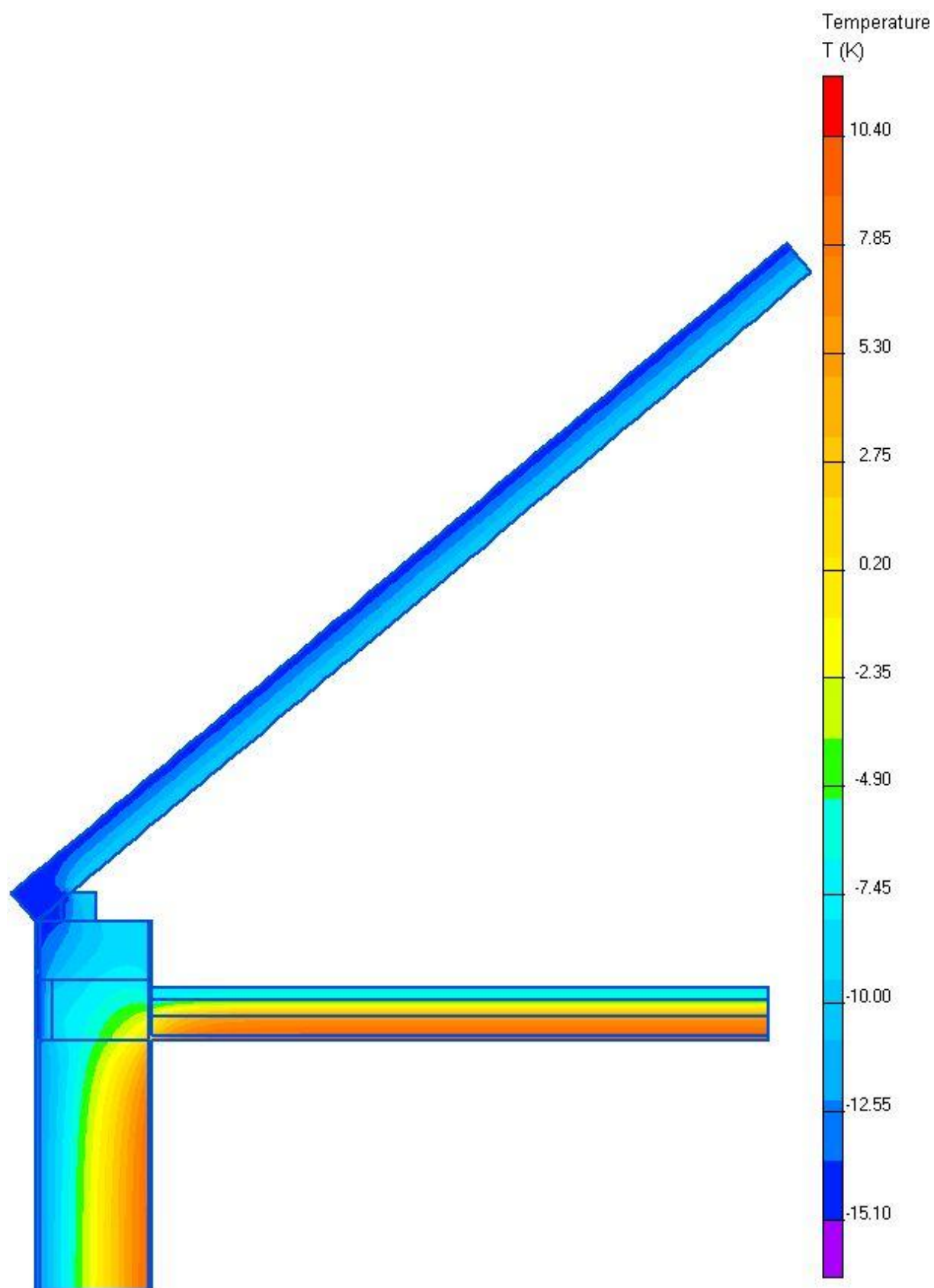
016 Strop z hurdisek u obvodové stěny a u vestavby podkroví			
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)		$Q_{si,min}$
	zdivo	A	°C
01	CP 440, bez půdní vestavby	0	3,26
02	CP 440, zatepleno mezi trámy do úrovně stěny půdní vestavby	0	3,40
03	CP 440, zatepleno mezi trámy po pozednici	0	6,16
04	CDM 365, bez půdní vestavby	0	3,20
05	CDM 365, zatepleno mezi trámy do úrovně stěny půdní vestavby	0	3,35
06	CDM 365, zatepleno mezi trámy po pozednici	0	6,11
07	CP 440, zatepleno mezi trámy do úrovně stěny půdní vestavby	160	5,97
08	CP 440, zatepleno mezi trámy po pozednici	160	5,60
09	CDM 365, zatepleno mezi trámy do úrovně stěny půdní vestavby	160	6,06
10	CDM 365, zatepleno mezi trámy po pozednici	160	5,57

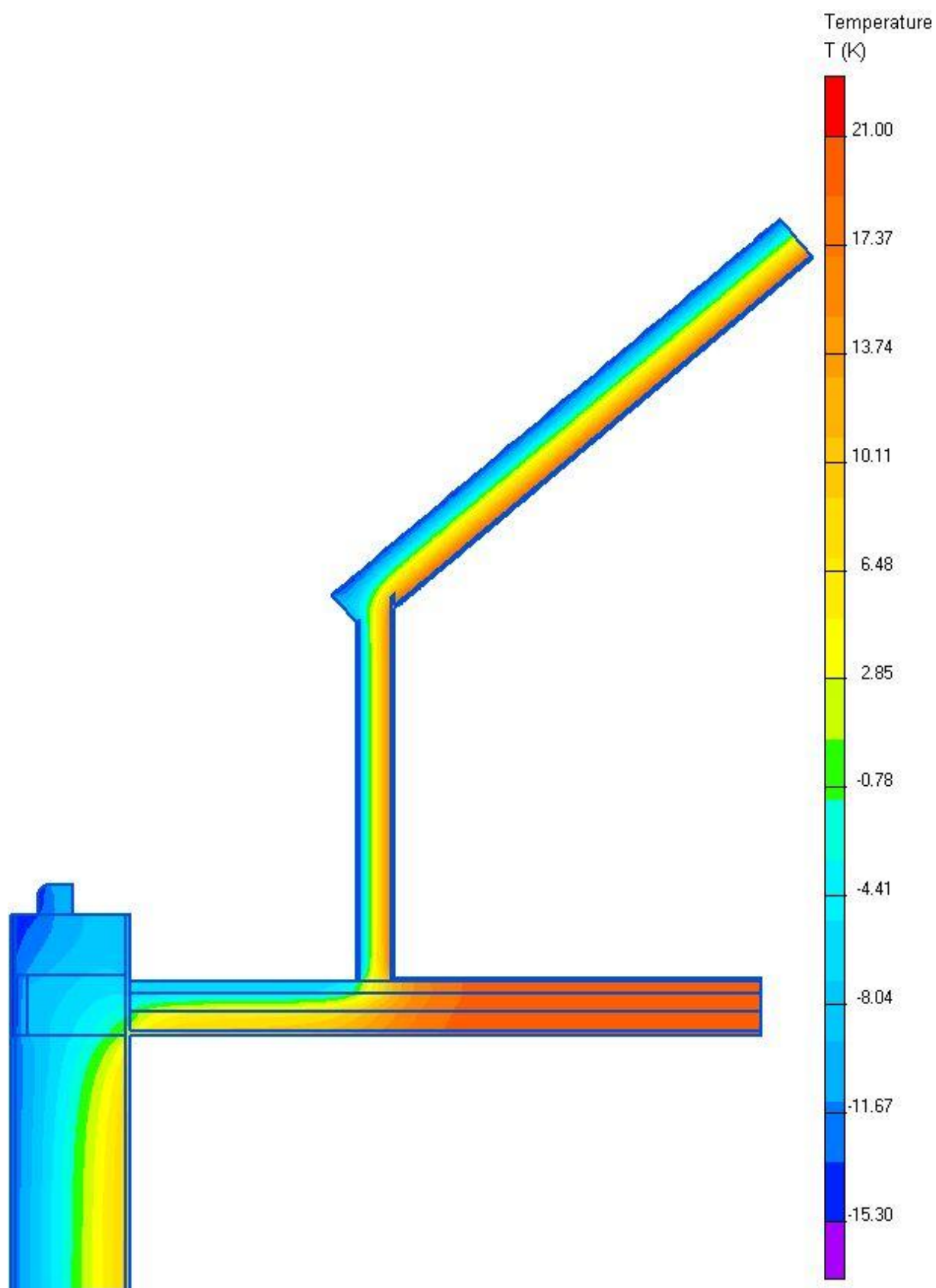
Graf průběhů teplot jednotlivých variant

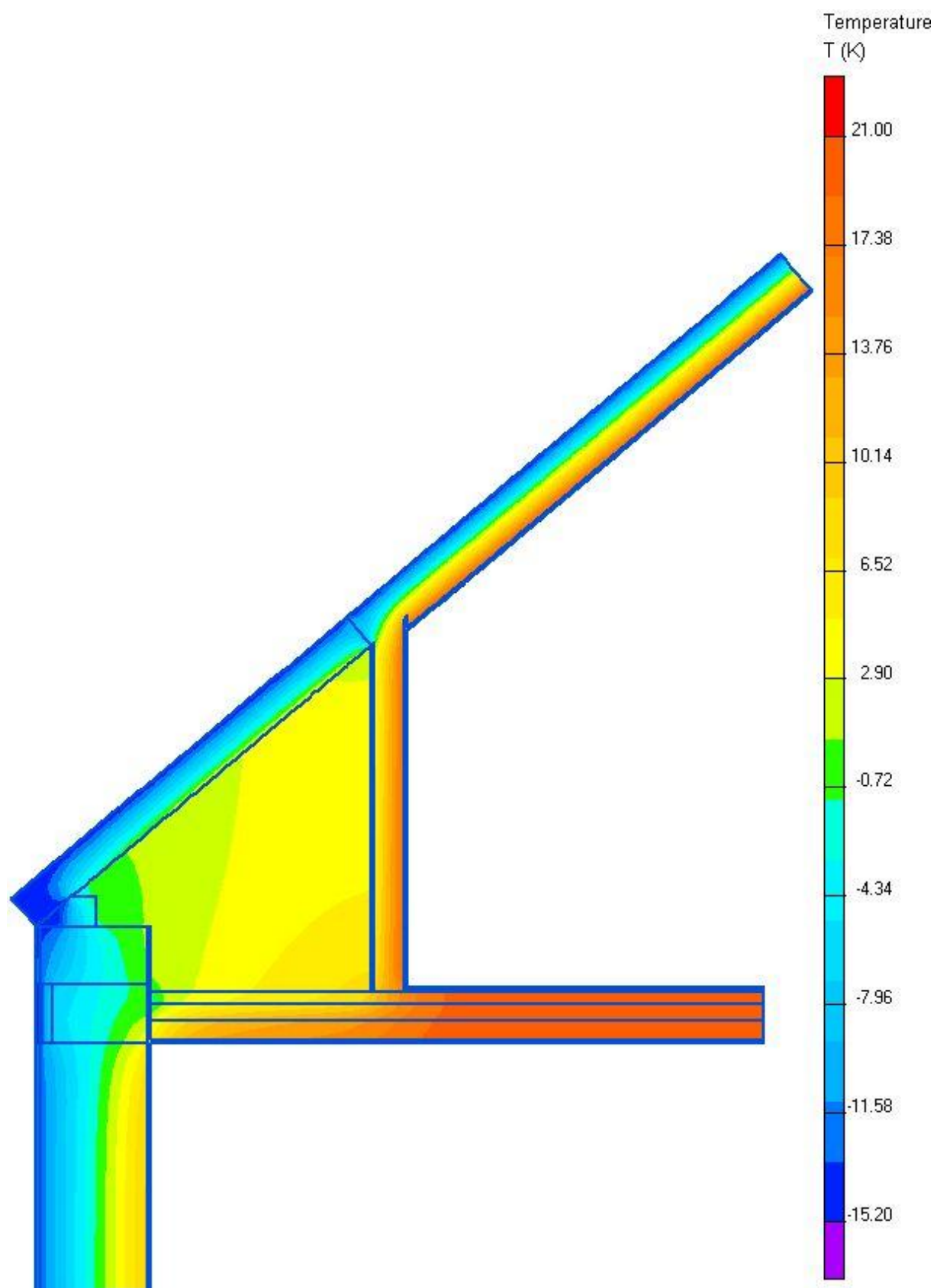


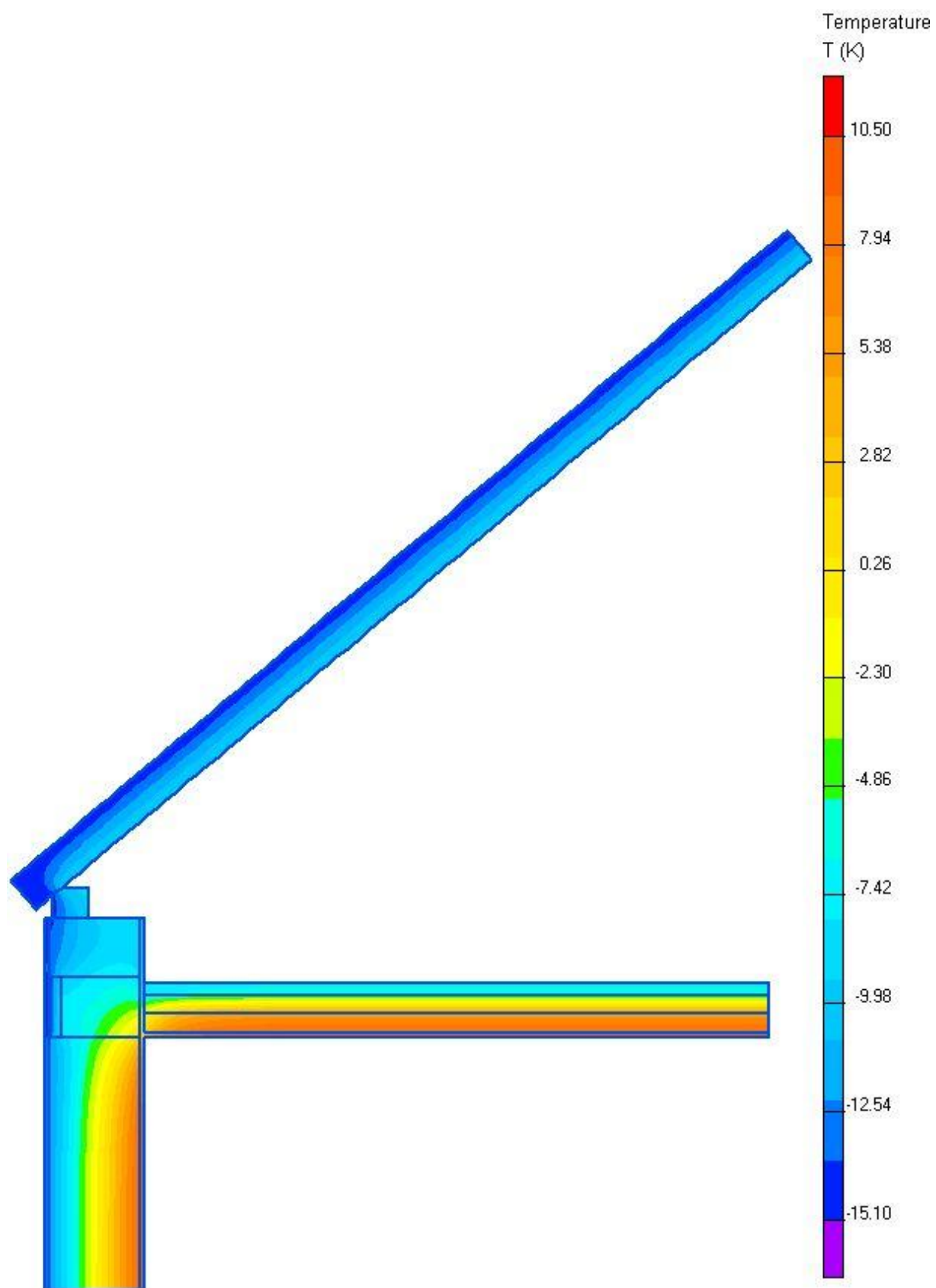
**Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů
tepelné vodivosti**

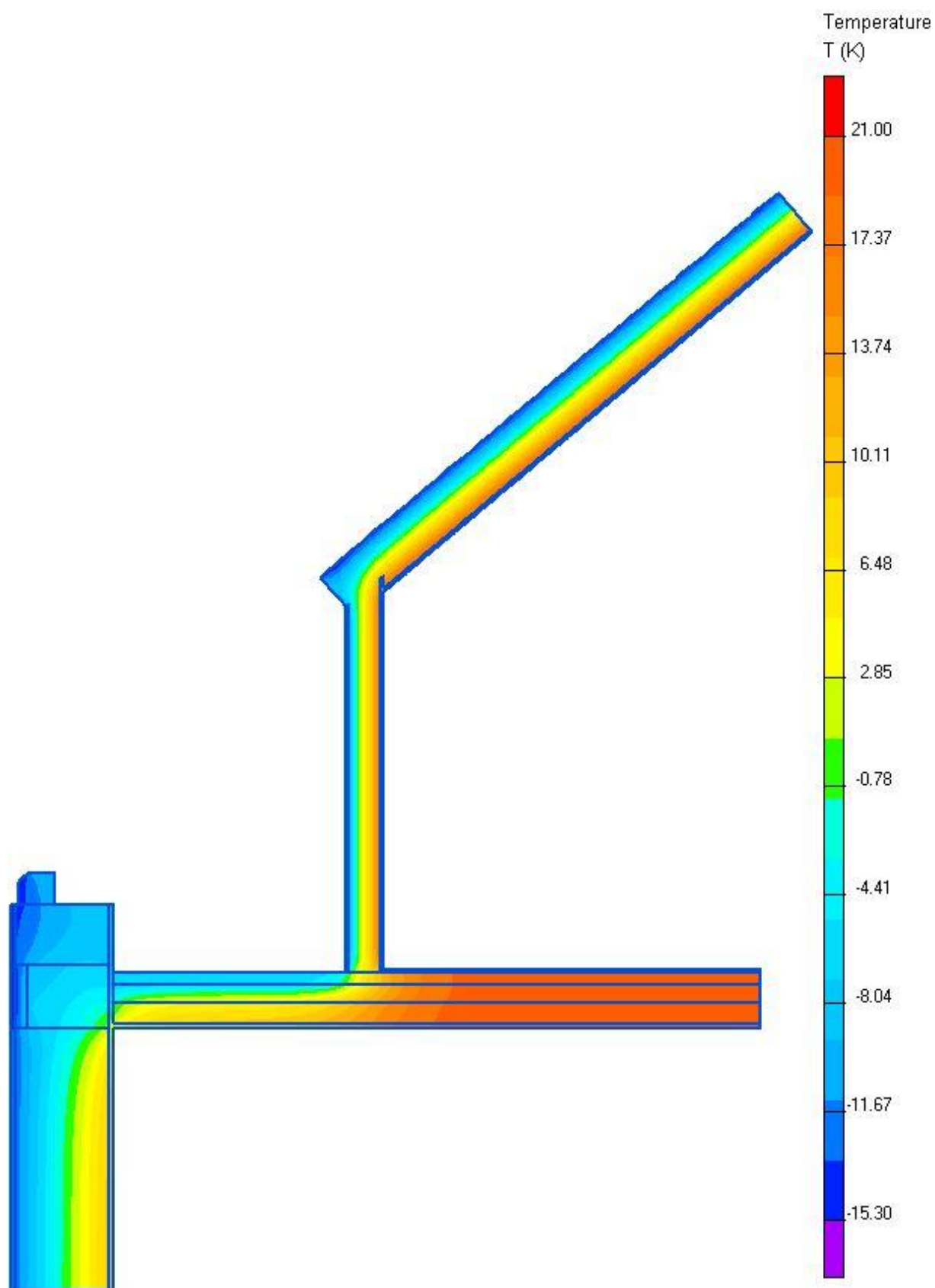


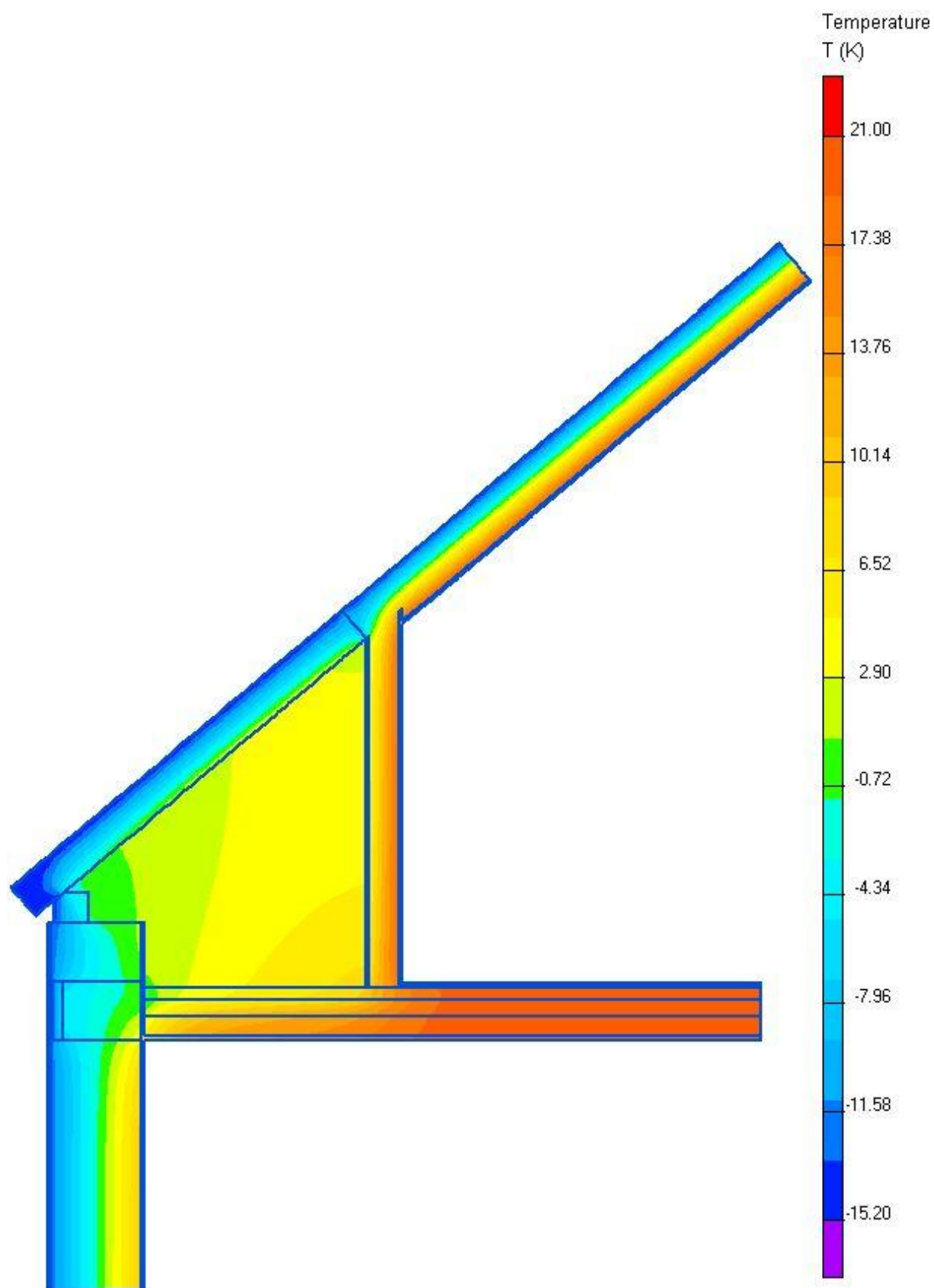


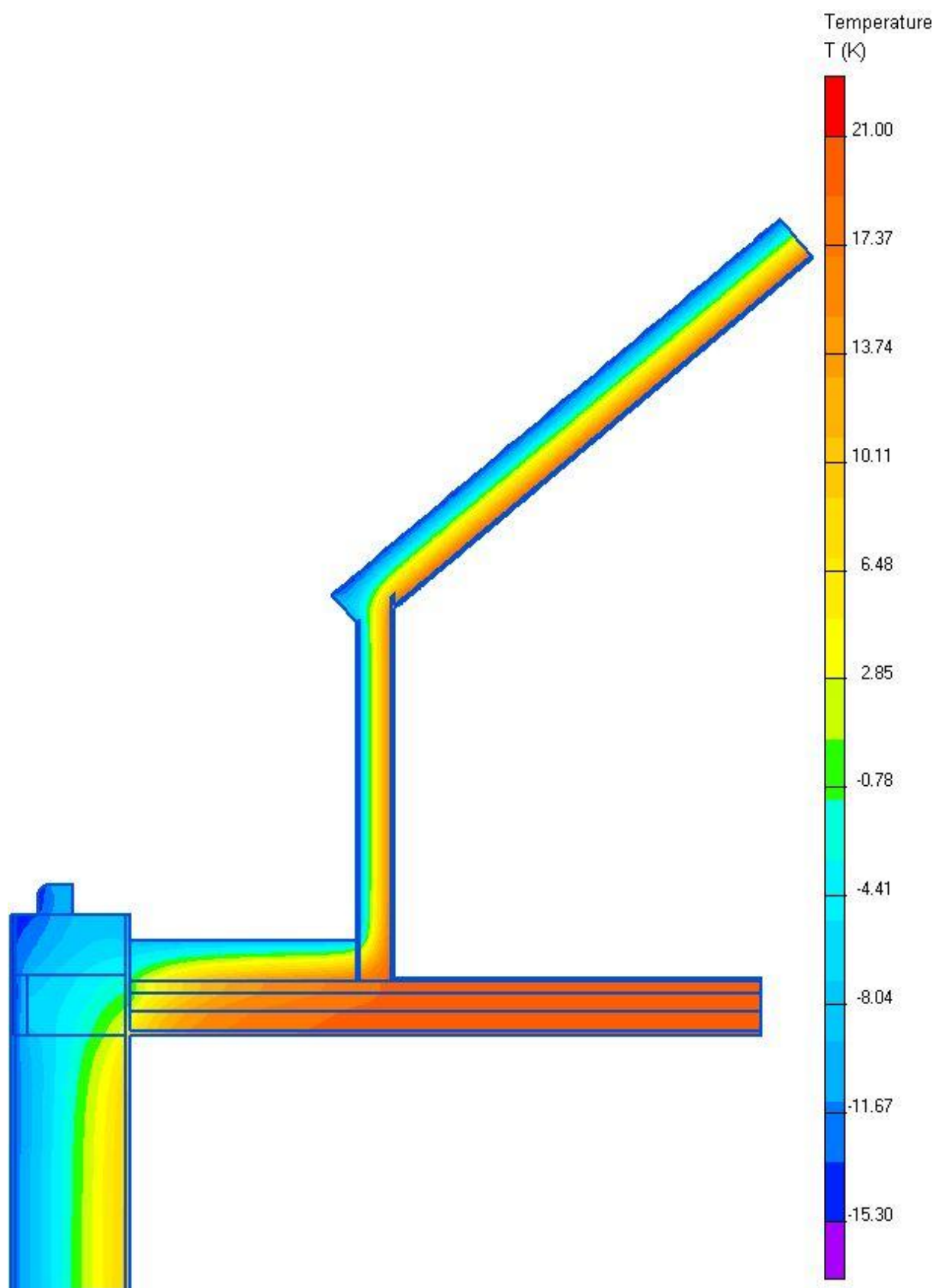


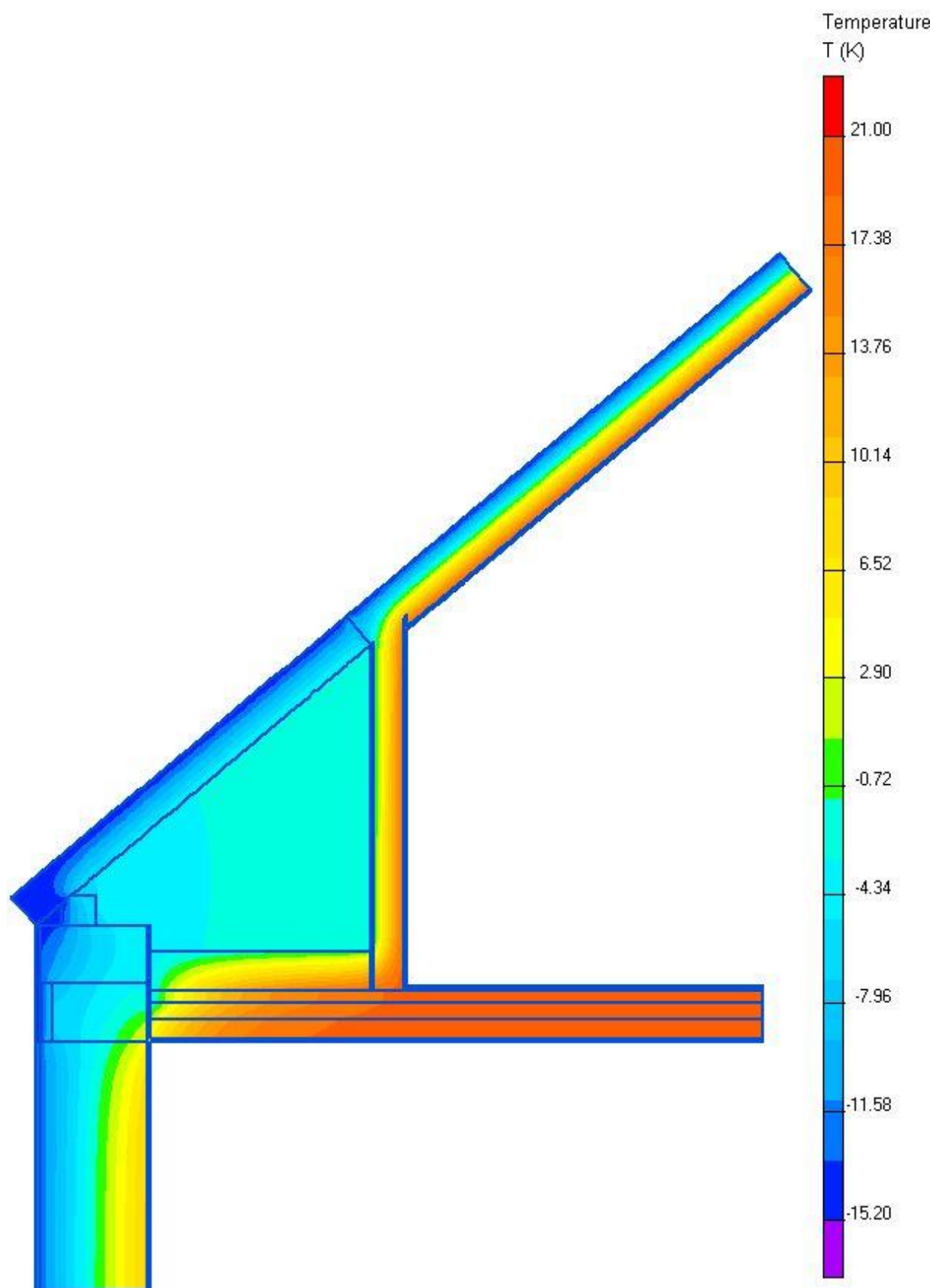


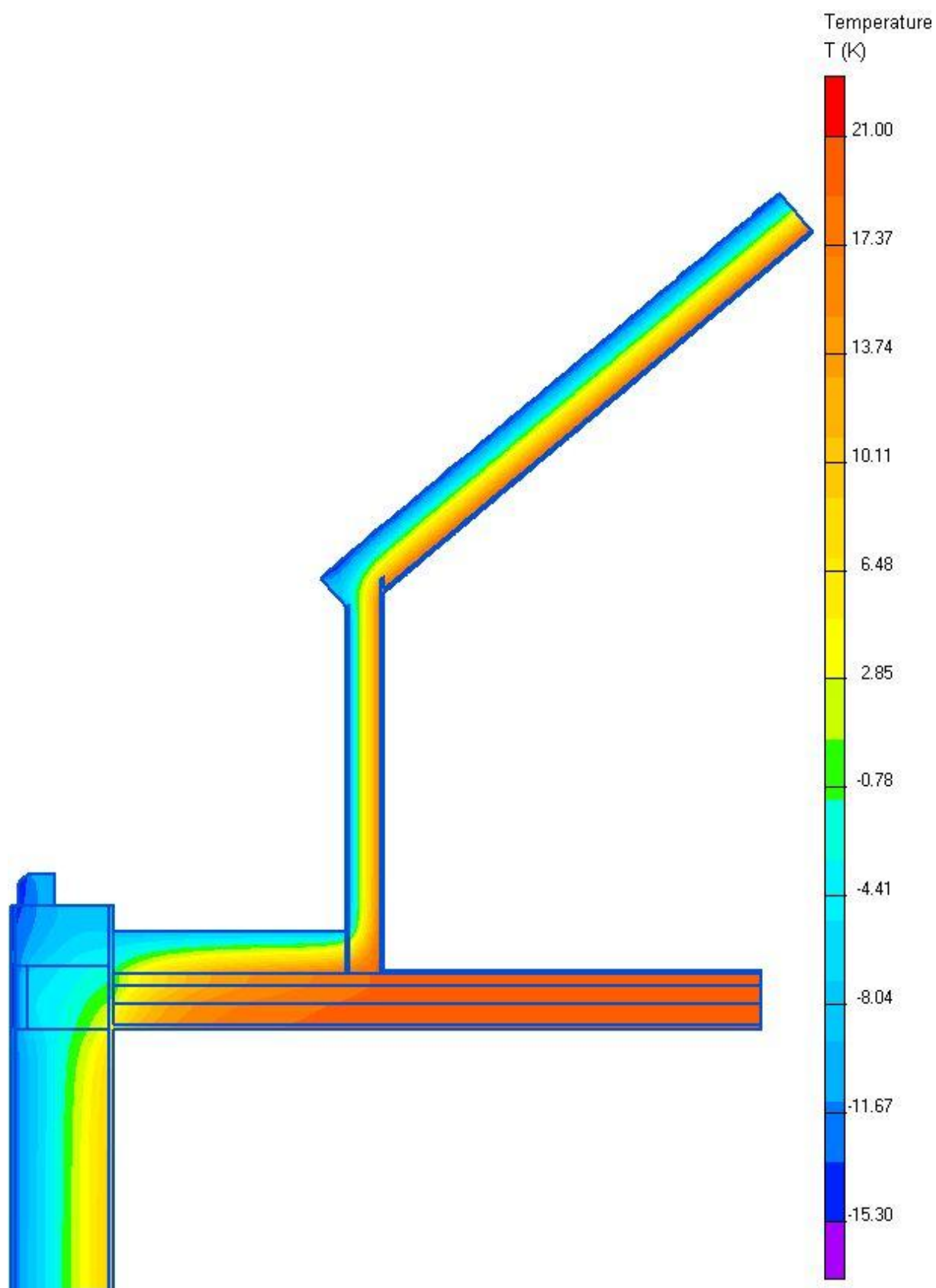


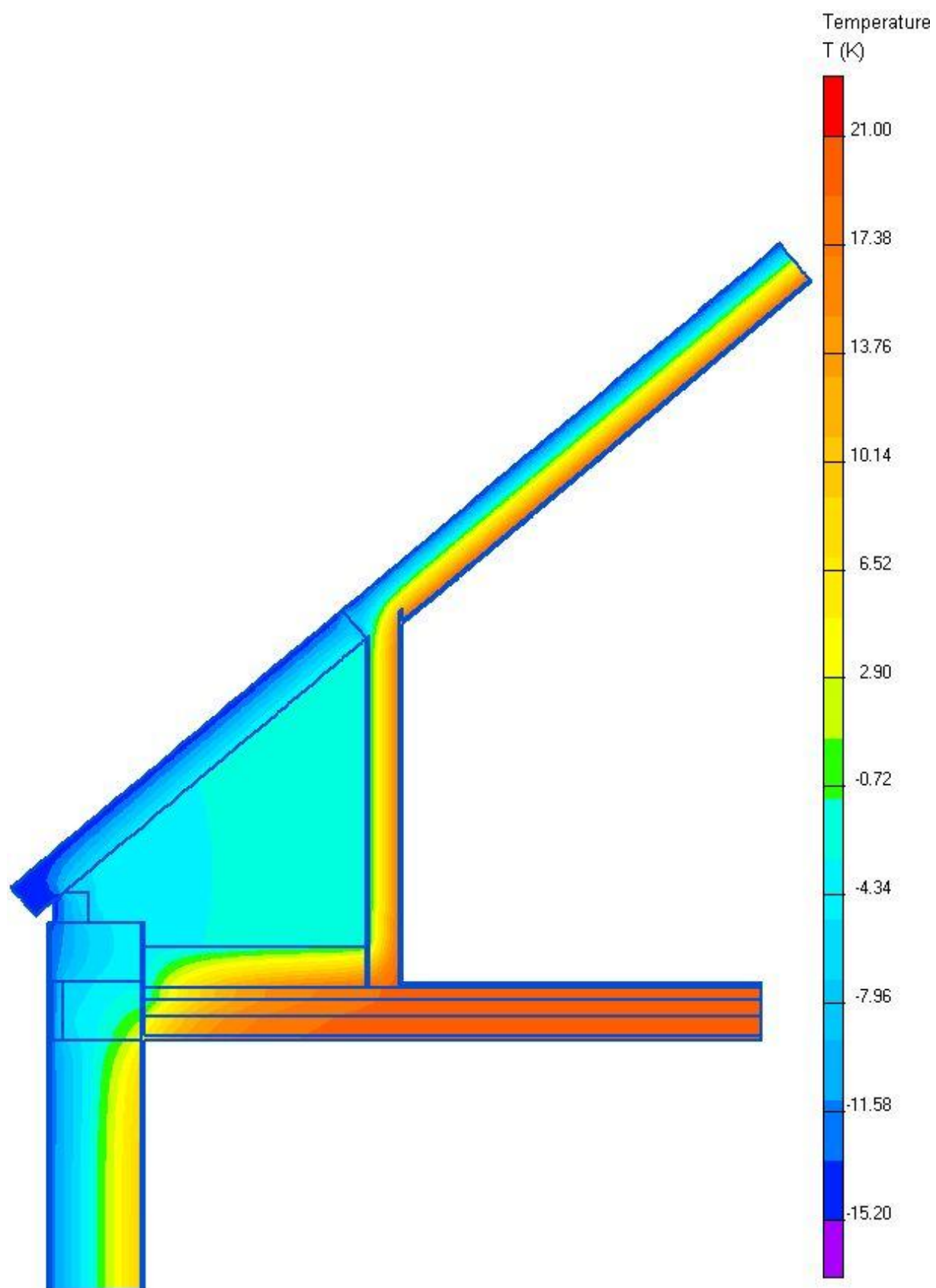












Detail 17

Detail 17 představuje okno v cihelném ostění. V tomto detailu jsme zkoumali vliv místa osazení na tepelné ztráty, respektive tepelný tok a lineární součinitel prostupu tepla. Okno jsme umístili v exteriéru přímo do líce zdiva a dále jsme je posouvali po 20 mm směrem do interiéru.

Detail 17 Varianta 01

Zdivo je Supe®therm STI 44, je uvažováno s anizotropií cihelných tvarovek. Vnější líc okenního rámu je zároveň s vnější stranou zdi.

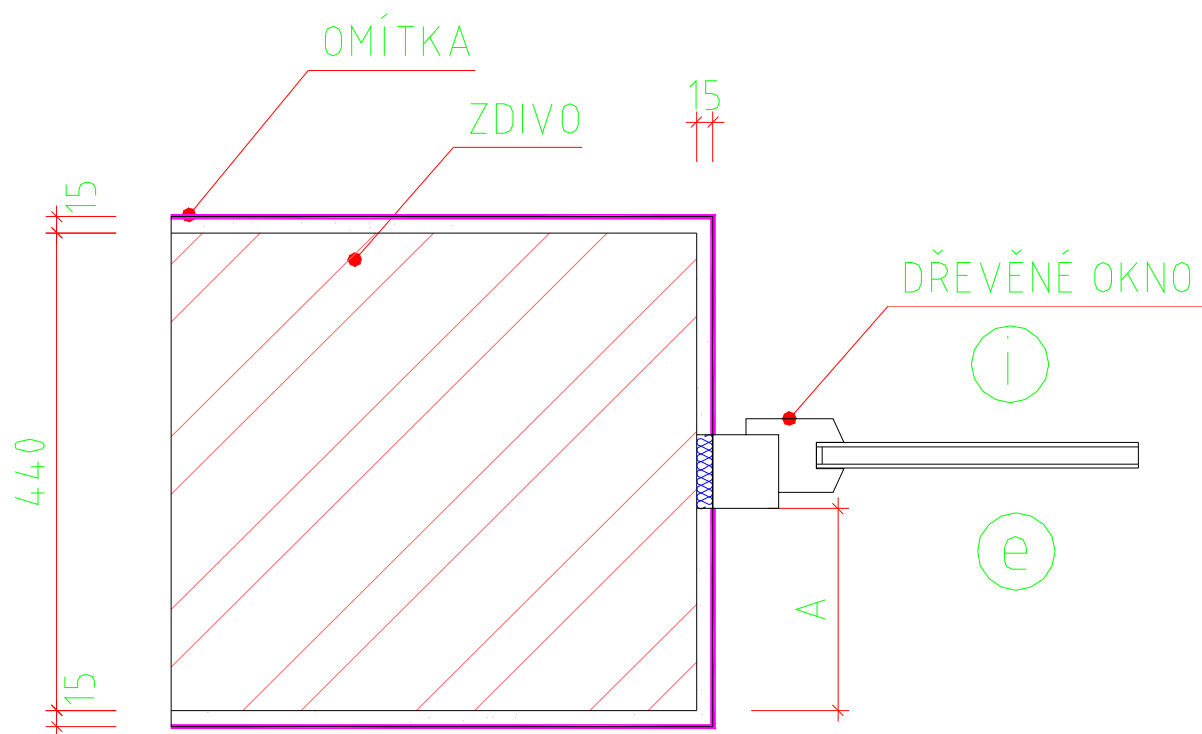
Detail 17 Varianta 02

Dtto jako varianta 01, kóta mezi okenním rámem a vnější hranou zdi je 20 mm.

Detail 17 Varianta 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20

Kóta mezi okenním rámem a vnější hranou zdiva je: 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300, 320, 340, 360, 372 mm.

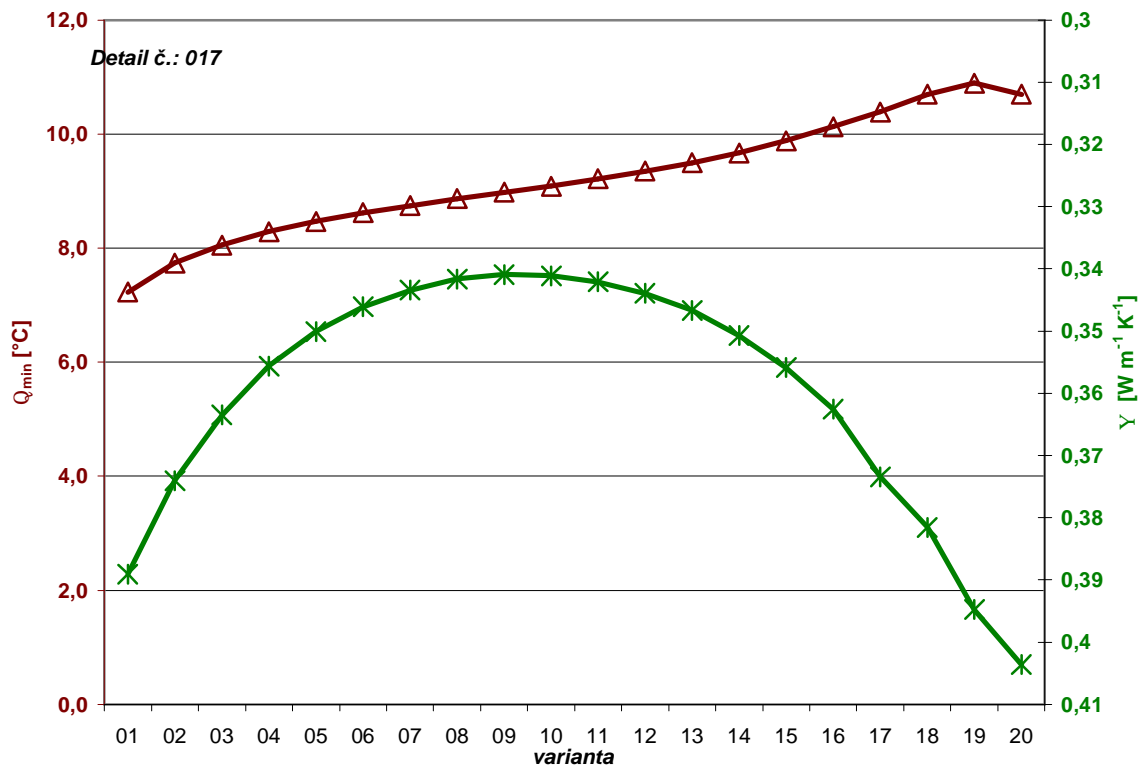
Schématický obrázek detailu 17

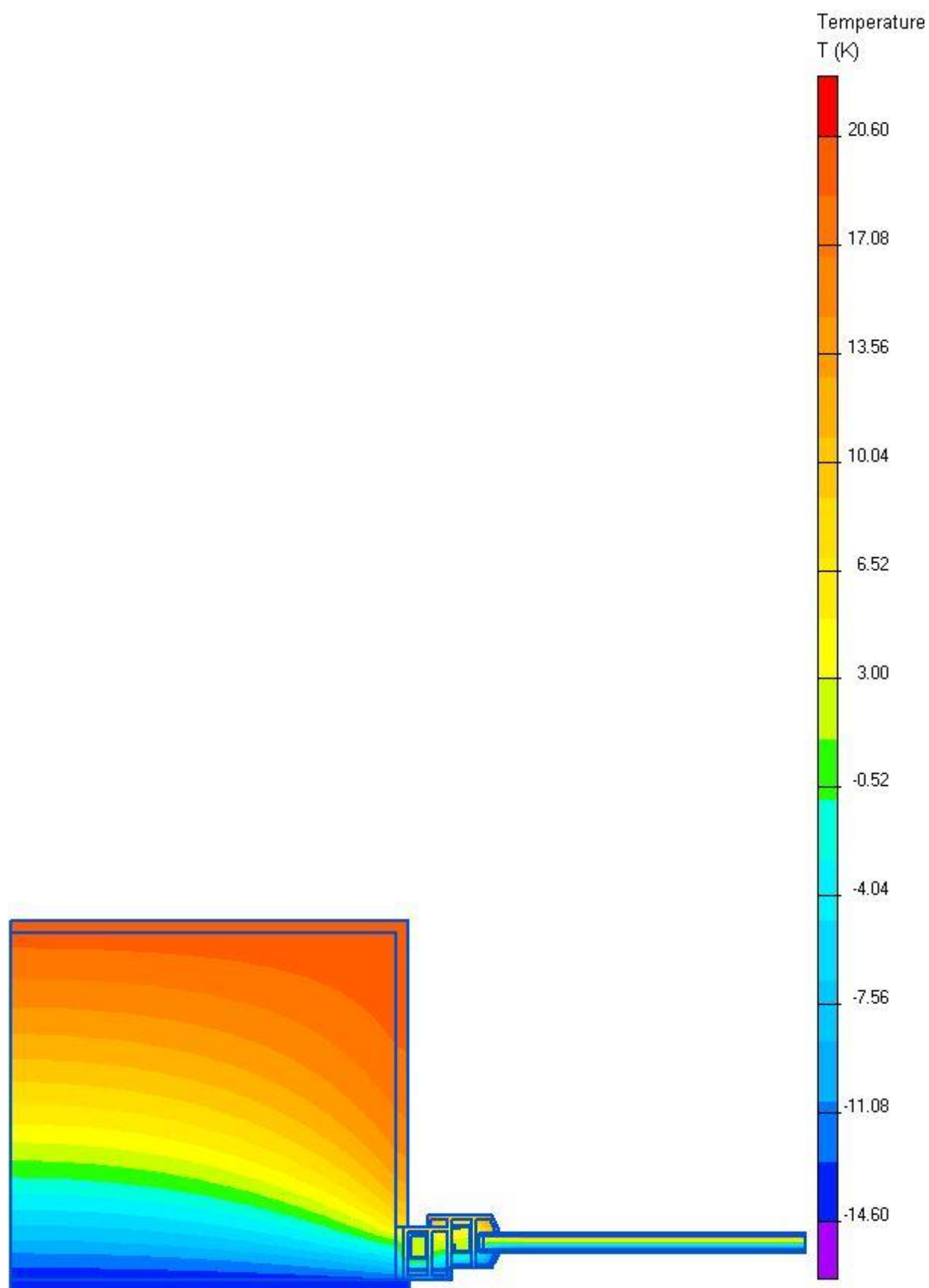


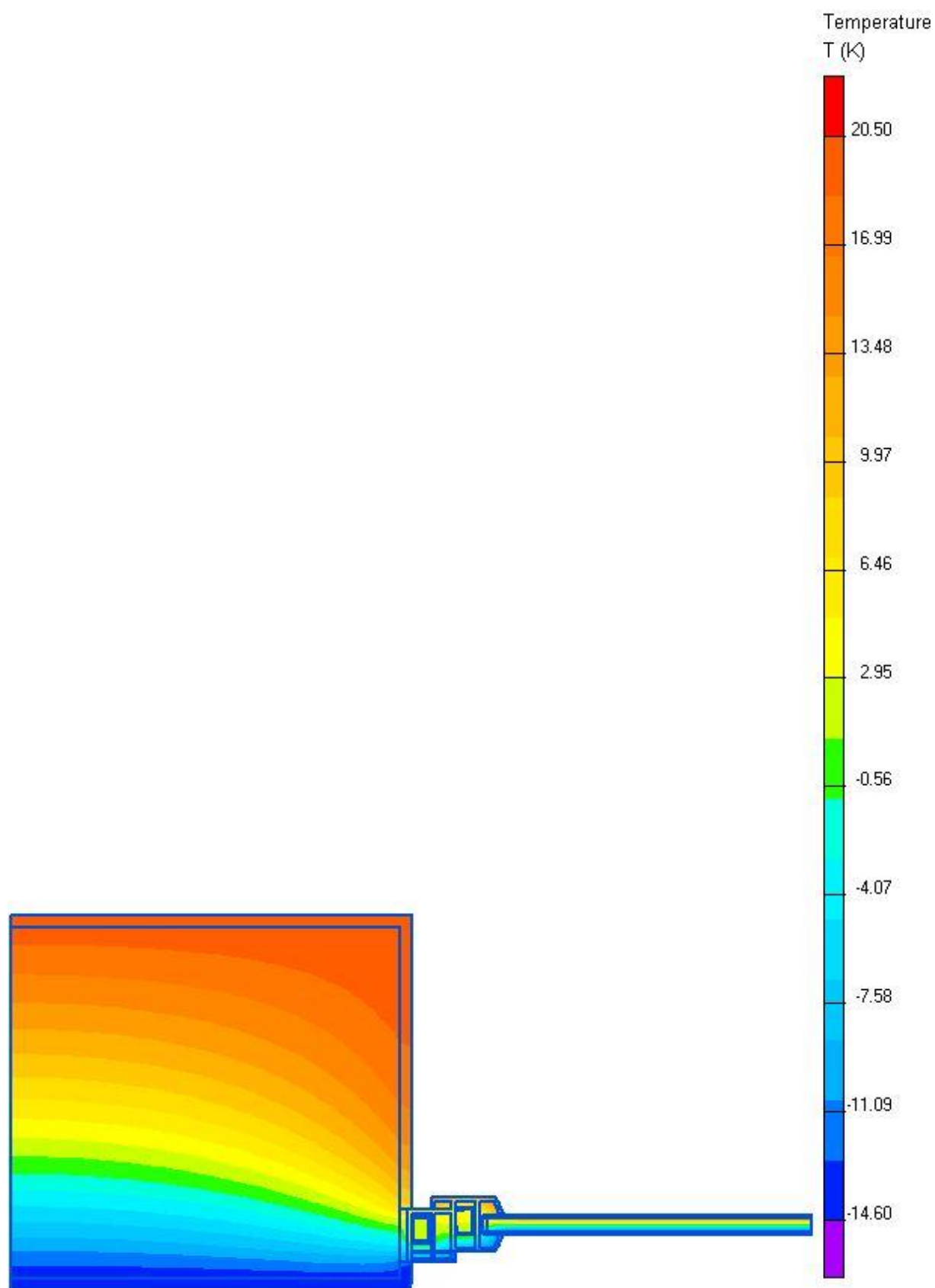
Tabulka lineárních součinitelů tepelné vodivosti a minimálních teplot

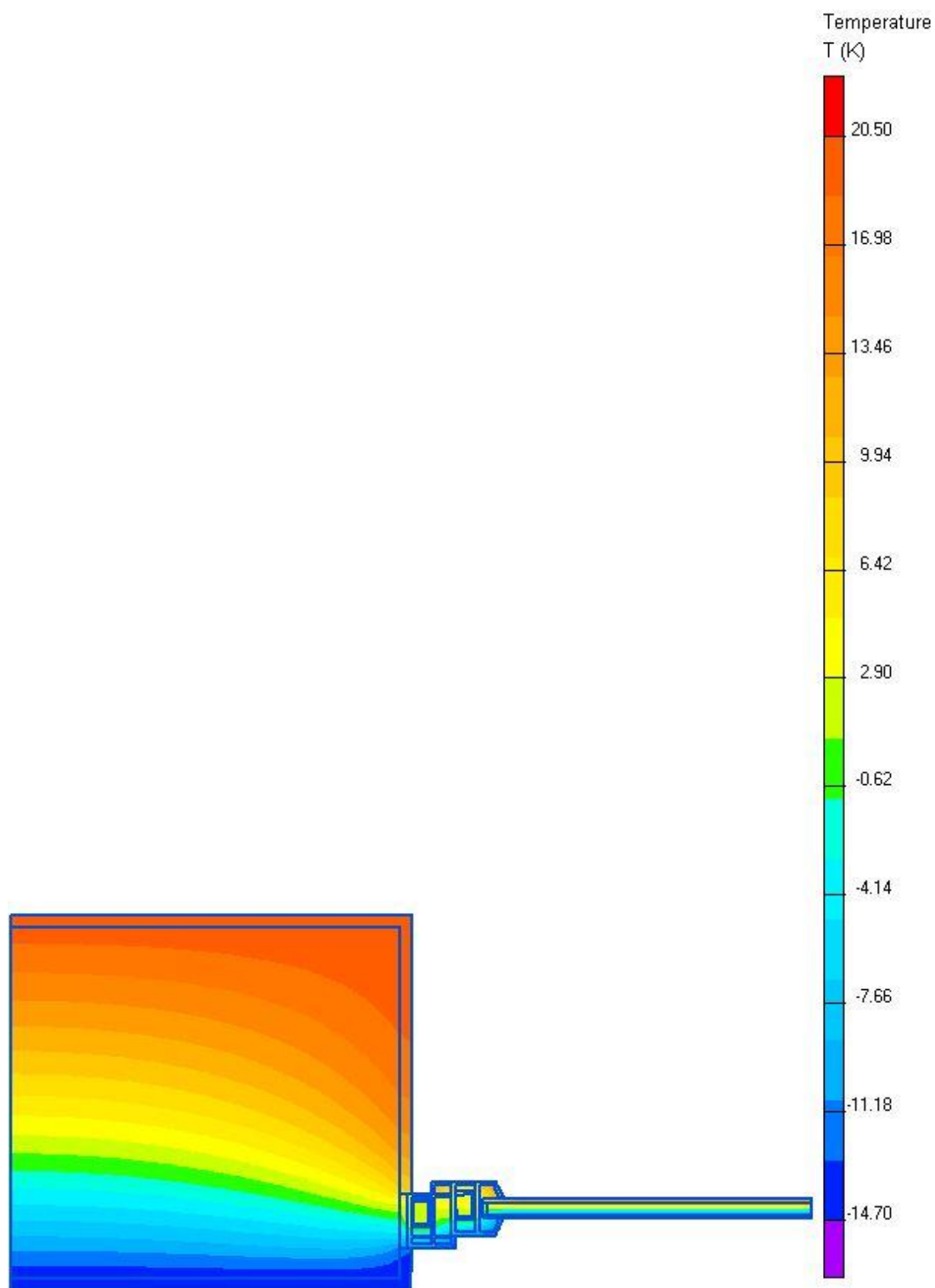
017 Uložení okna v ostění				
Varianta číslo:	Proměnlivý rozměr [mm] (viz nákres)		Y	Q_{si,min}
	zdivo	A	W m⁻¹ K⁻¹	°C
01	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	0	0,39	7,23
02	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	20	0,37	7,74
03	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	40	0,36	8,06
04	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	60	0,36	8,29
05	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	80	0,35	8,47
06	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	100	0,35	8,62
07	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	120	0,34	8,75
08	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	140	0,34	8,87
09	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	160	0,34	8,98
10	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	180	0,34	9,09
11	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	200	0,34	9,22
12	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	220	0,34	9,35
13	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	240	0,35	9,50
14	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	260	0,35	9,67
15	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	280	0,36	9,89
16	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	300	0,36	10,13
17	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	320	0,37	10,39
18	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	340	0,38	10,70
19	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	360	0,39	10,89
20	Supertherm STI 44 ANIZOTROPNÍ	372	0,40	10,70

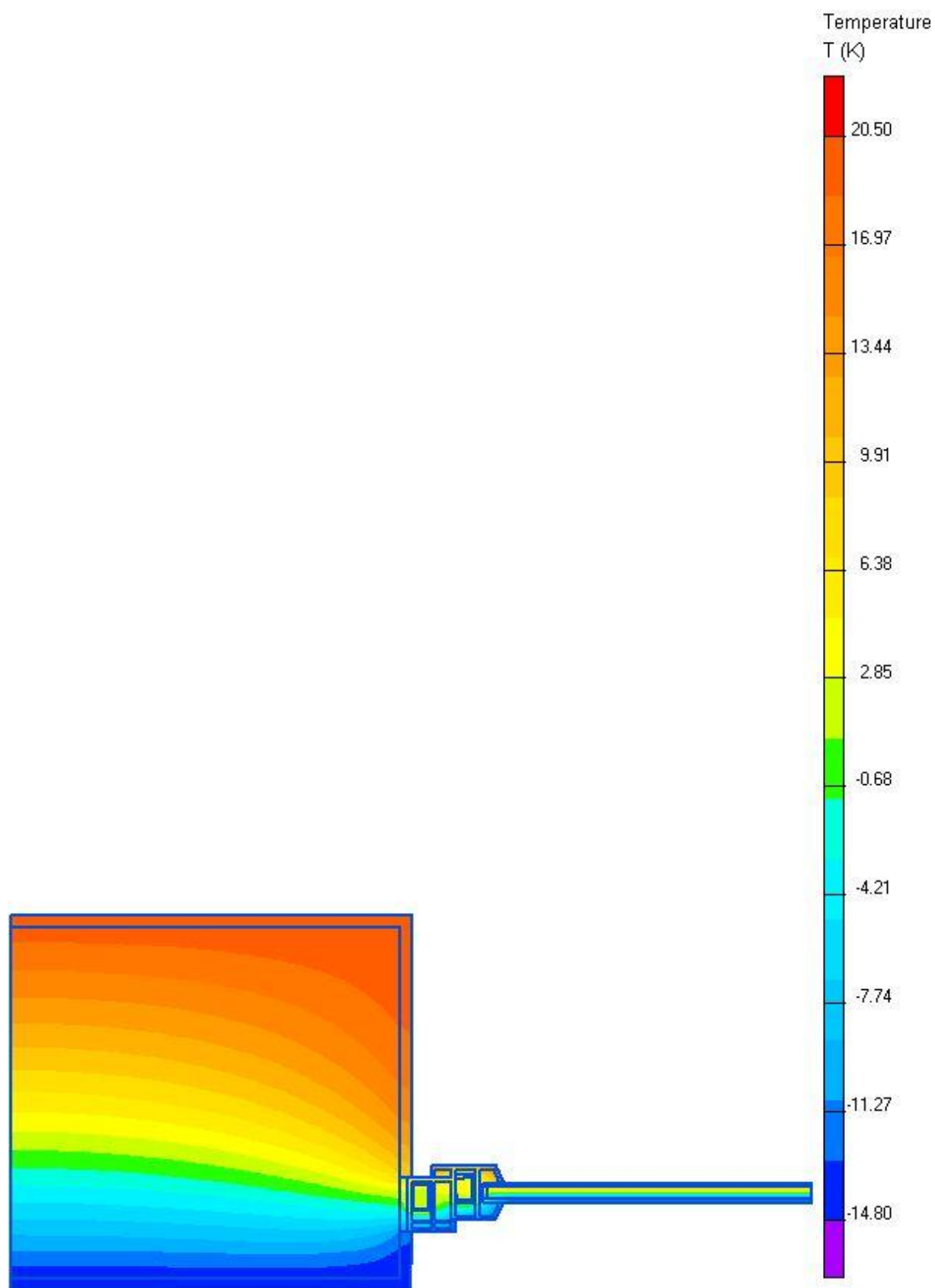
**Graf porovnání jednotlivých variant – minimálních povrchových teplot a lineárních součinitelů
tepelné vodivosti**

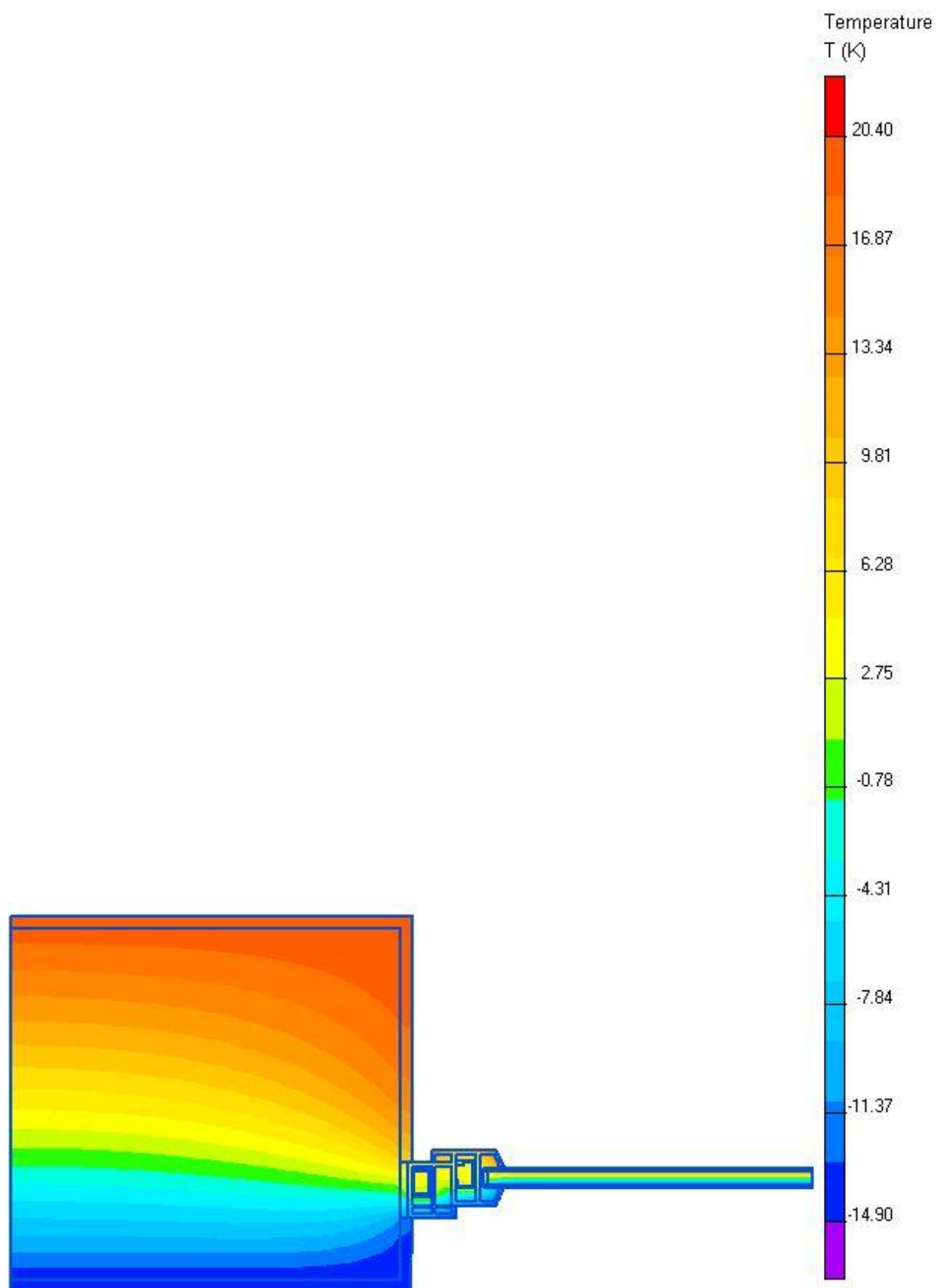


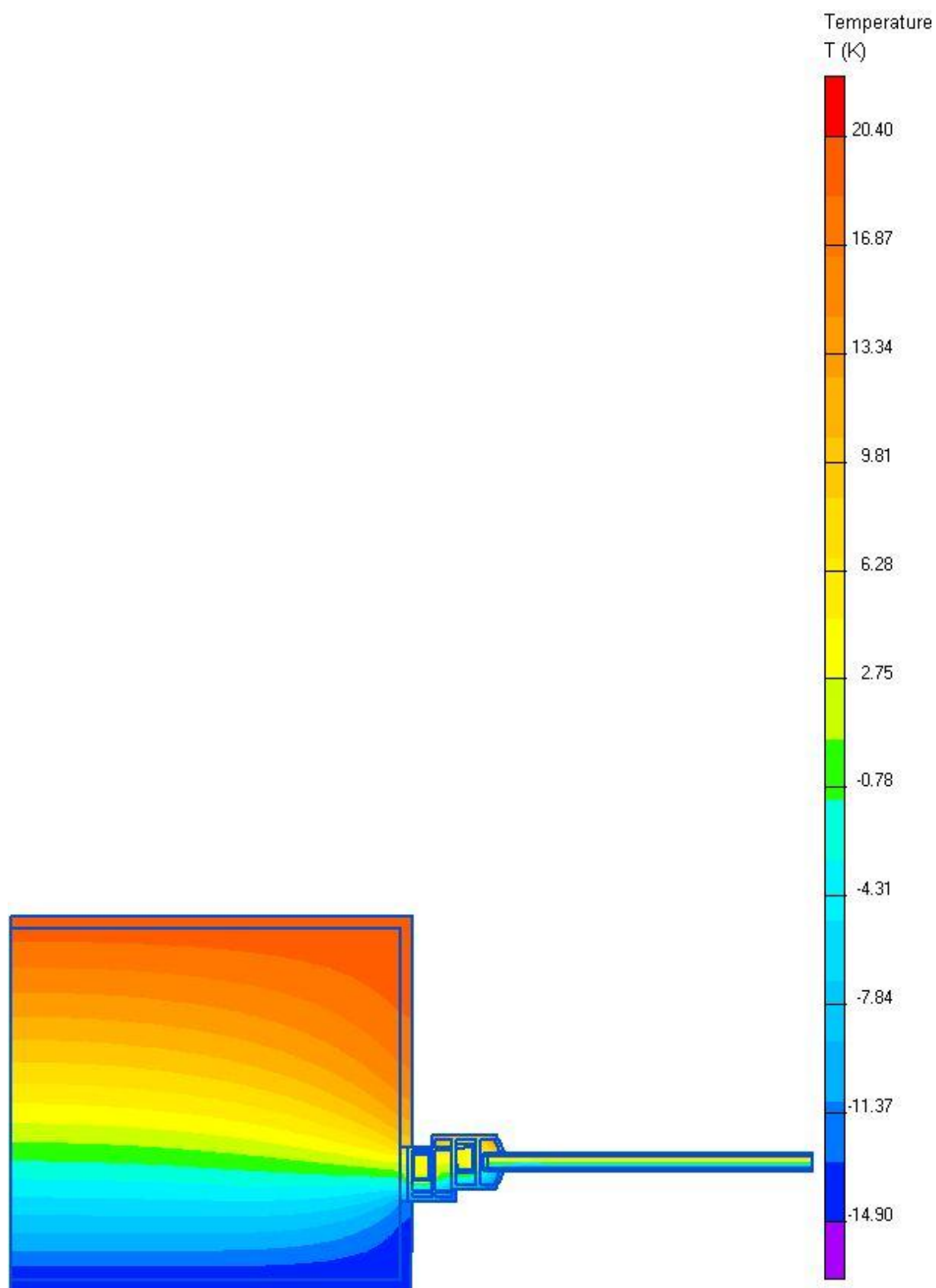


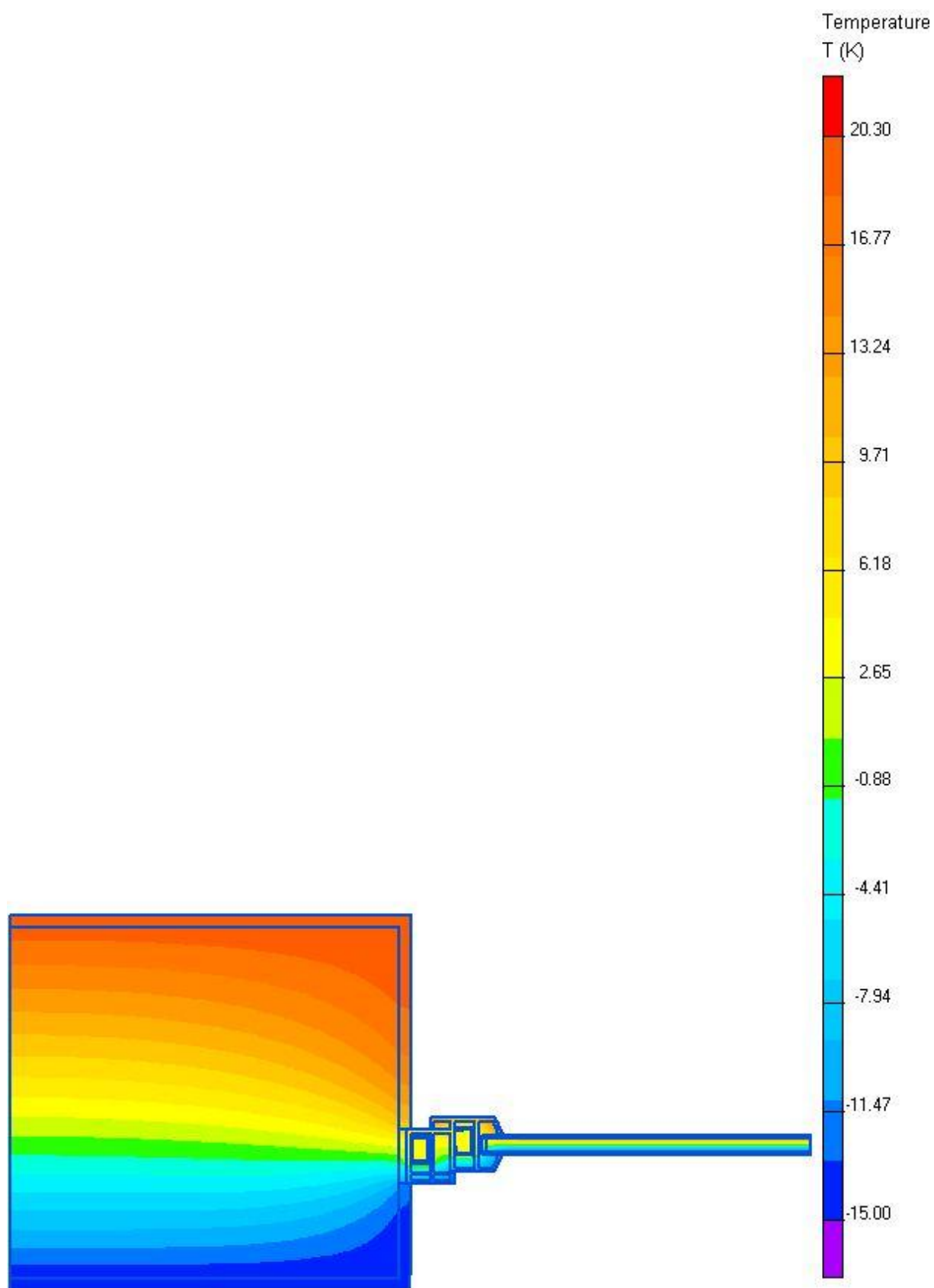


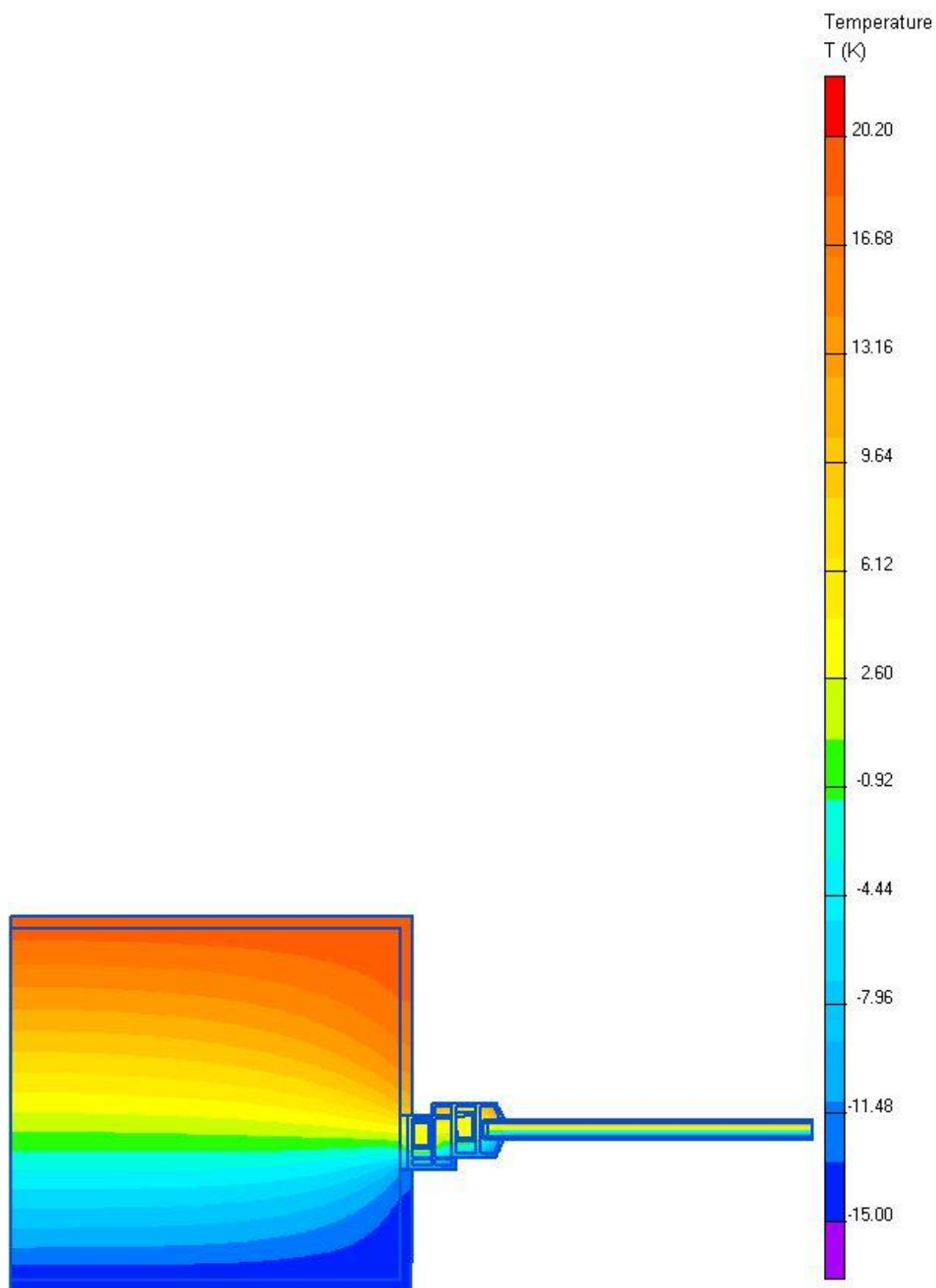


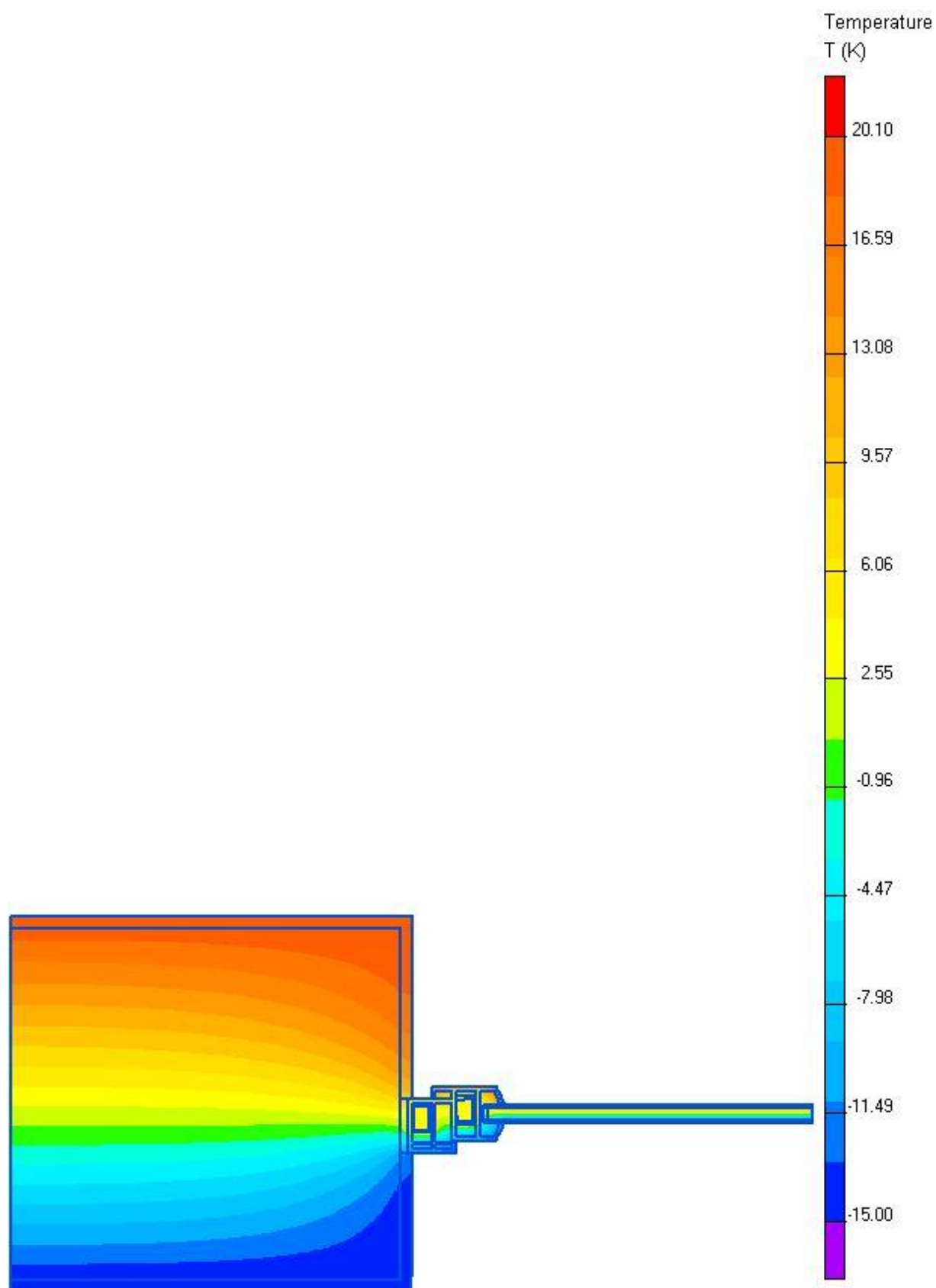


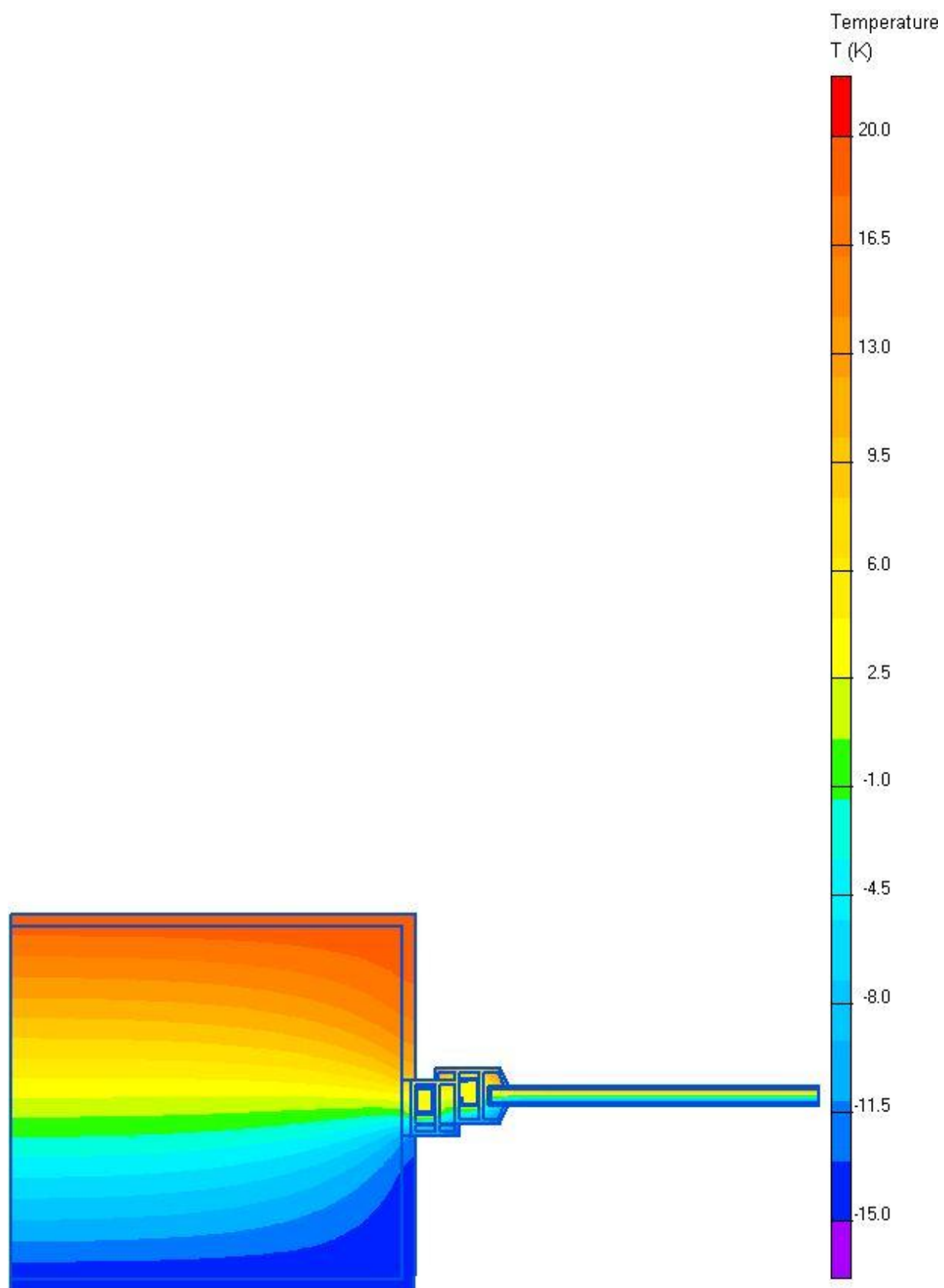


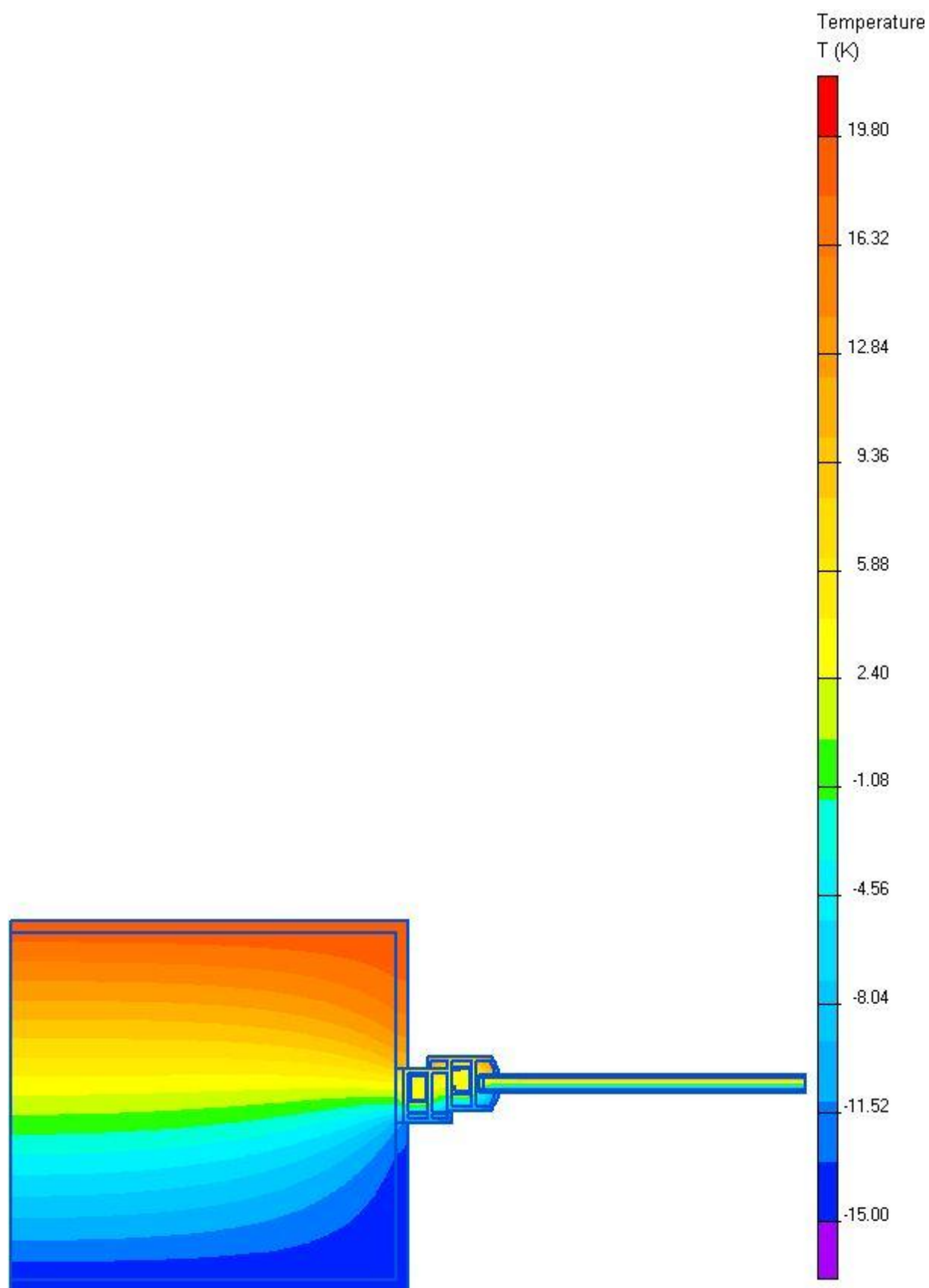


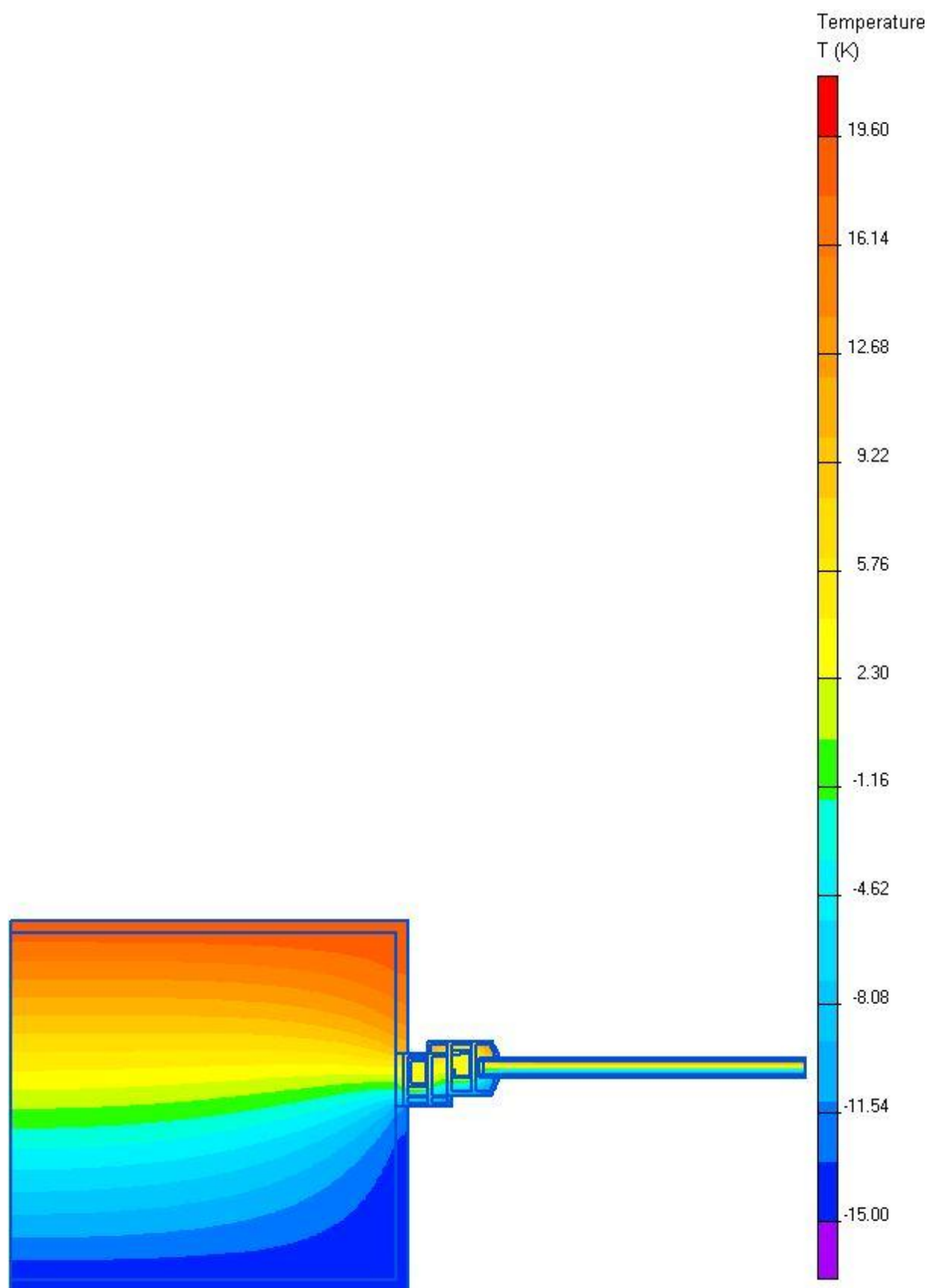


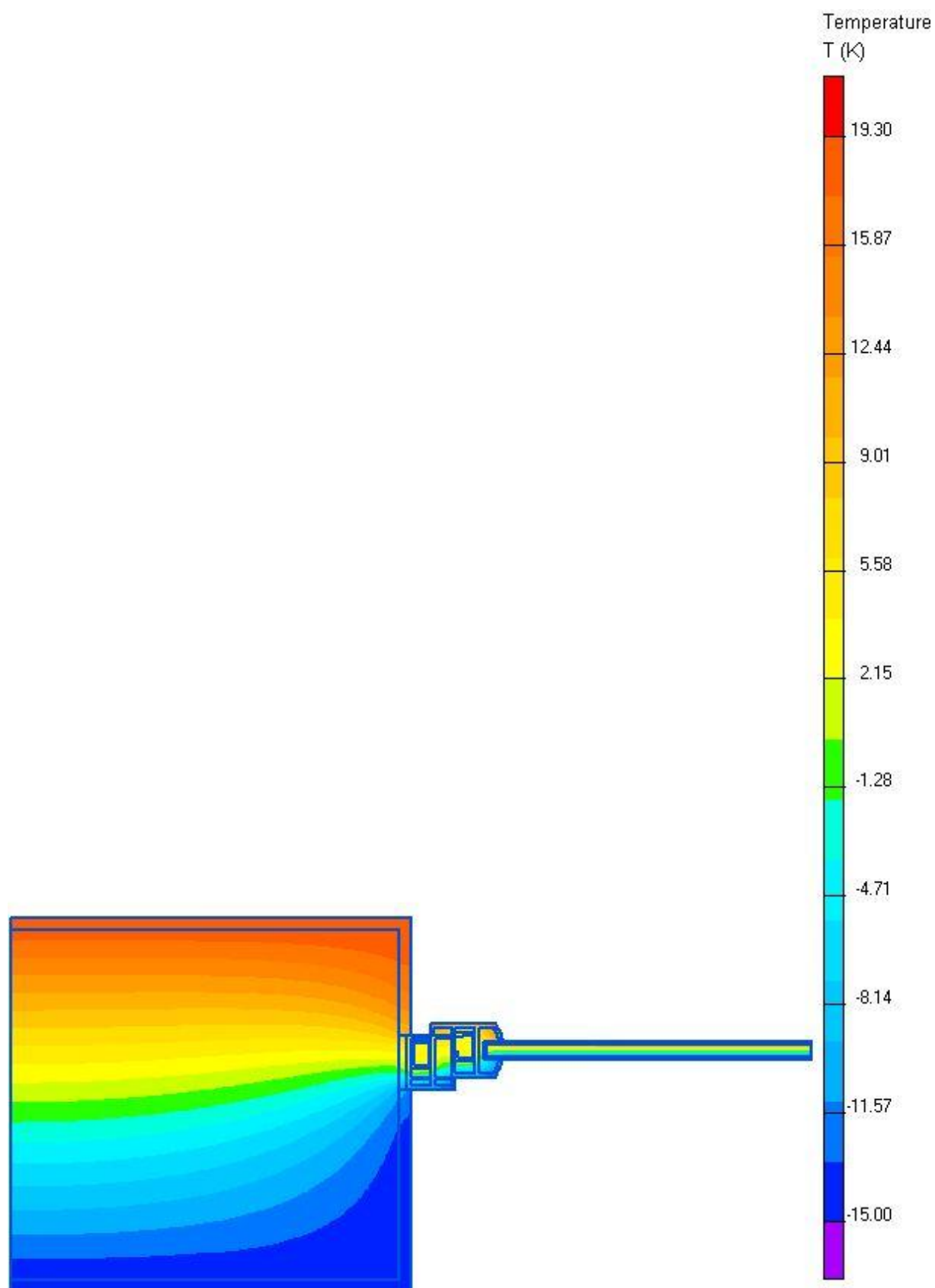


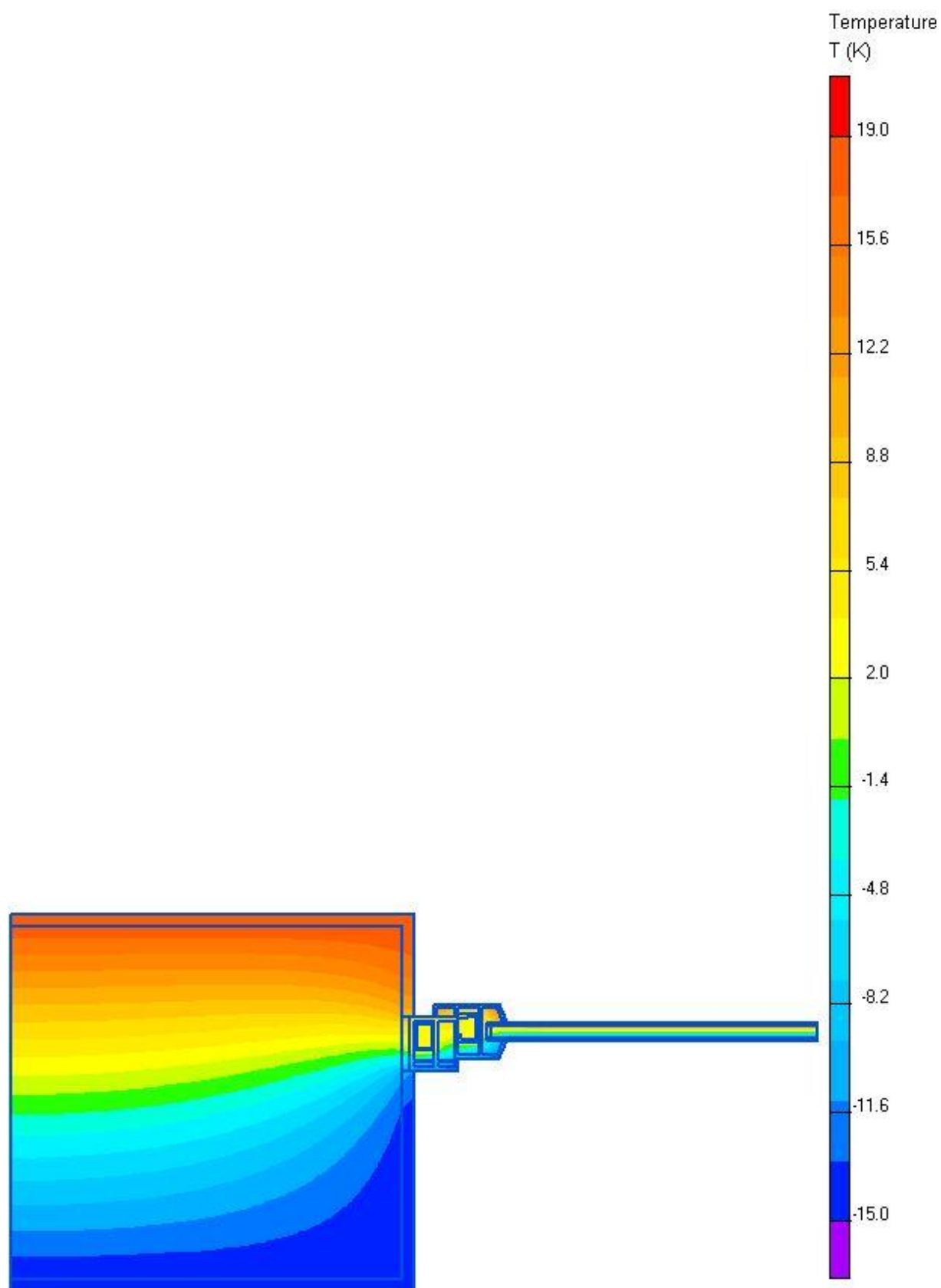


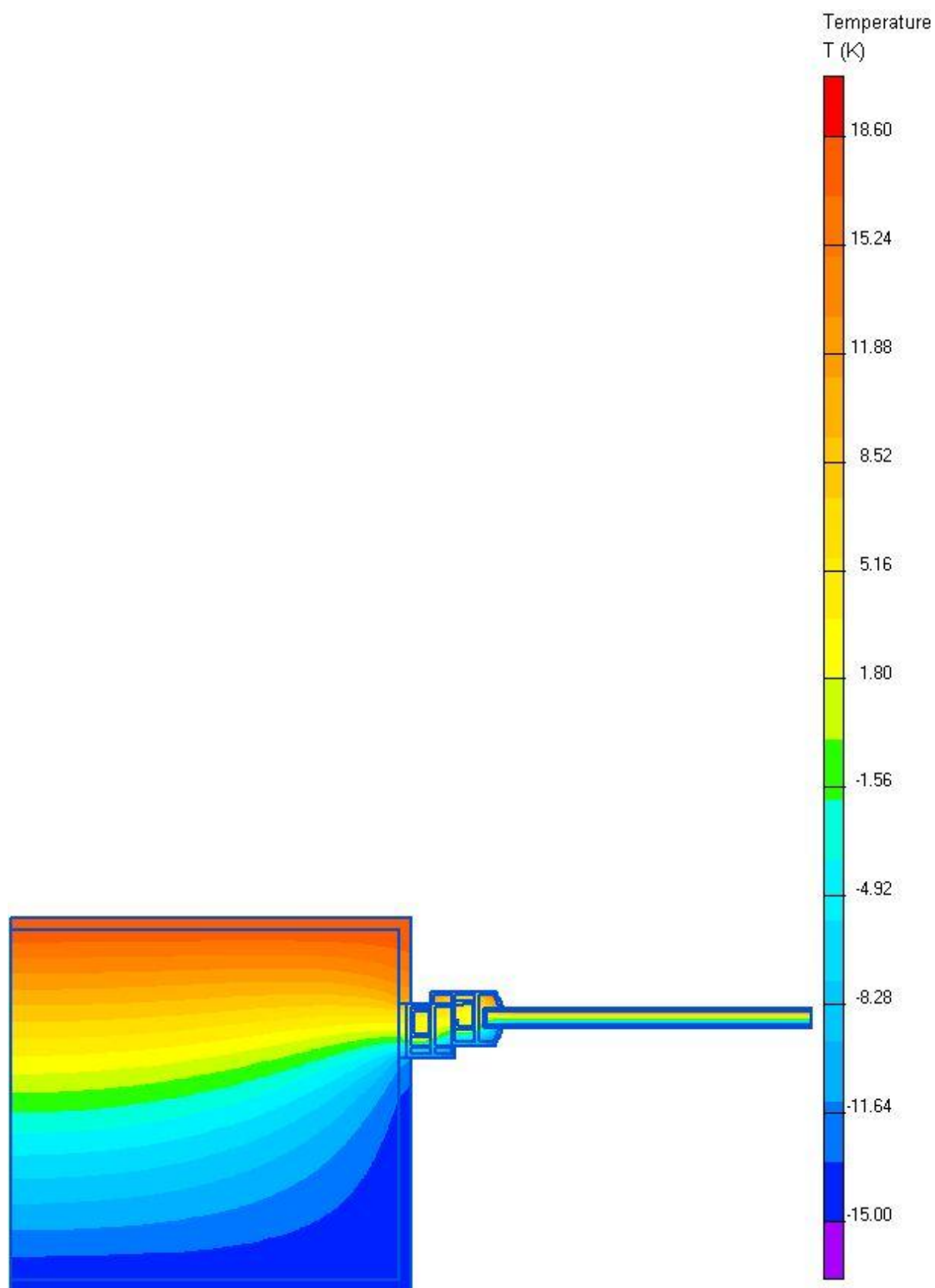


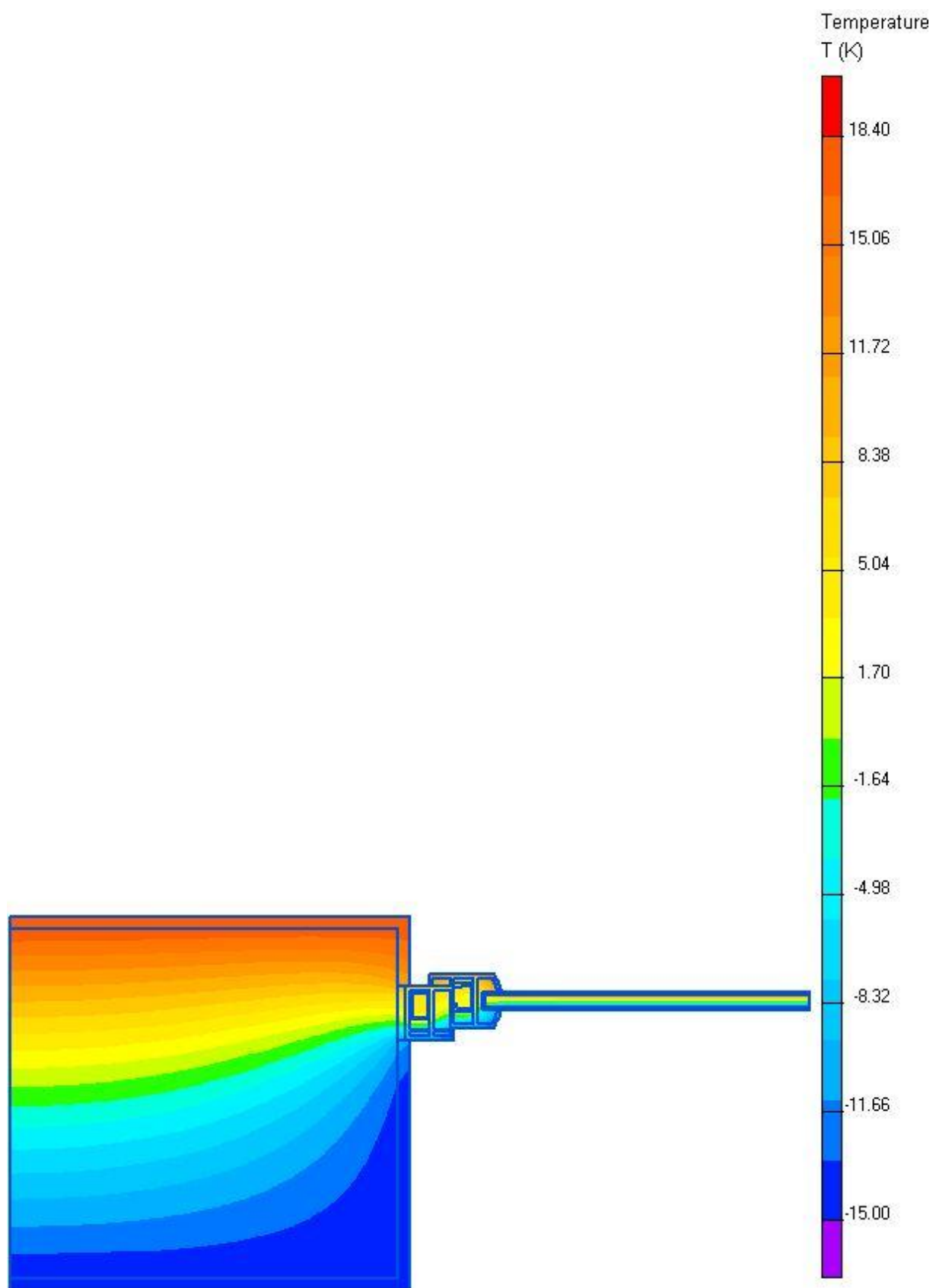


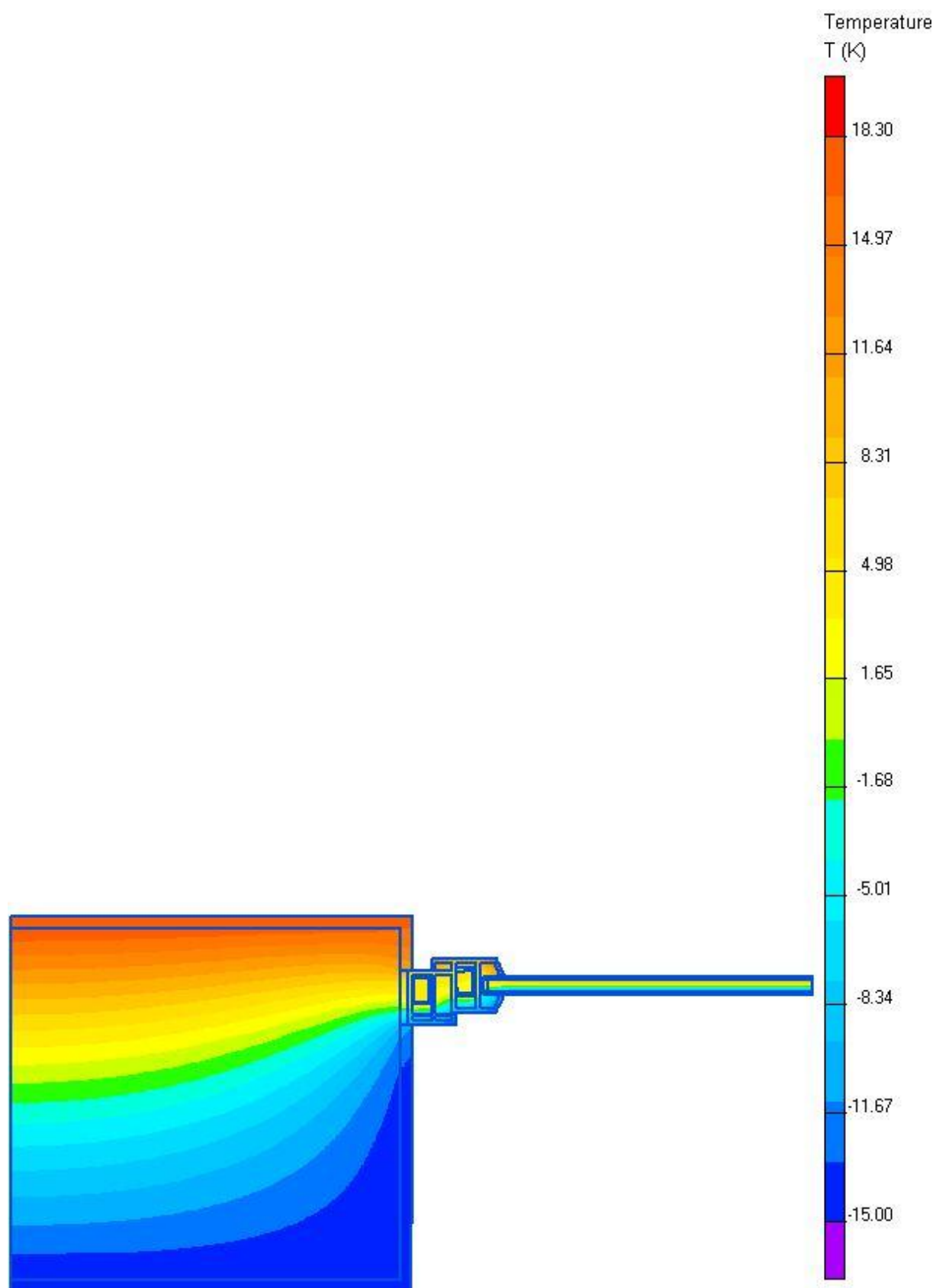


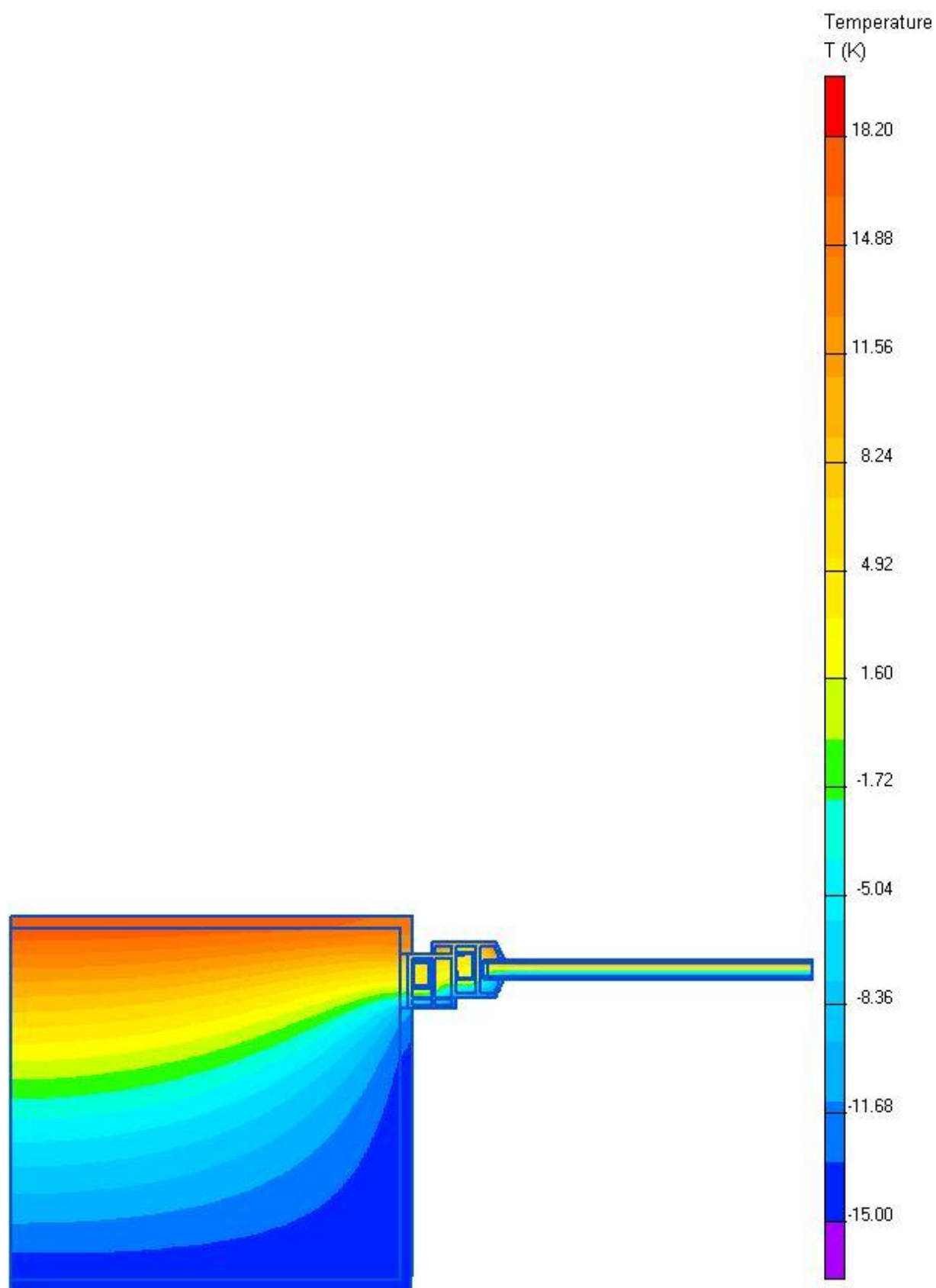


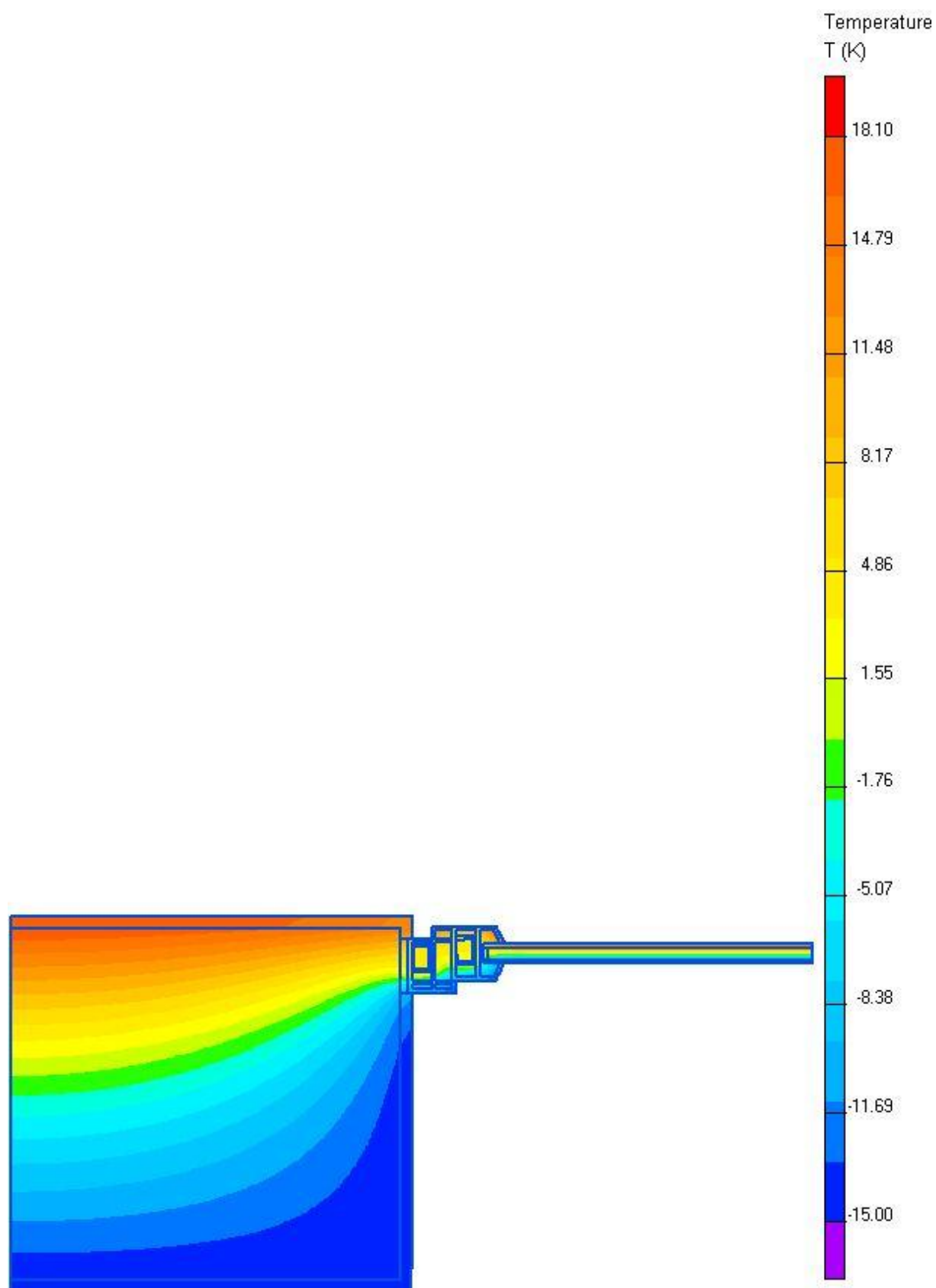


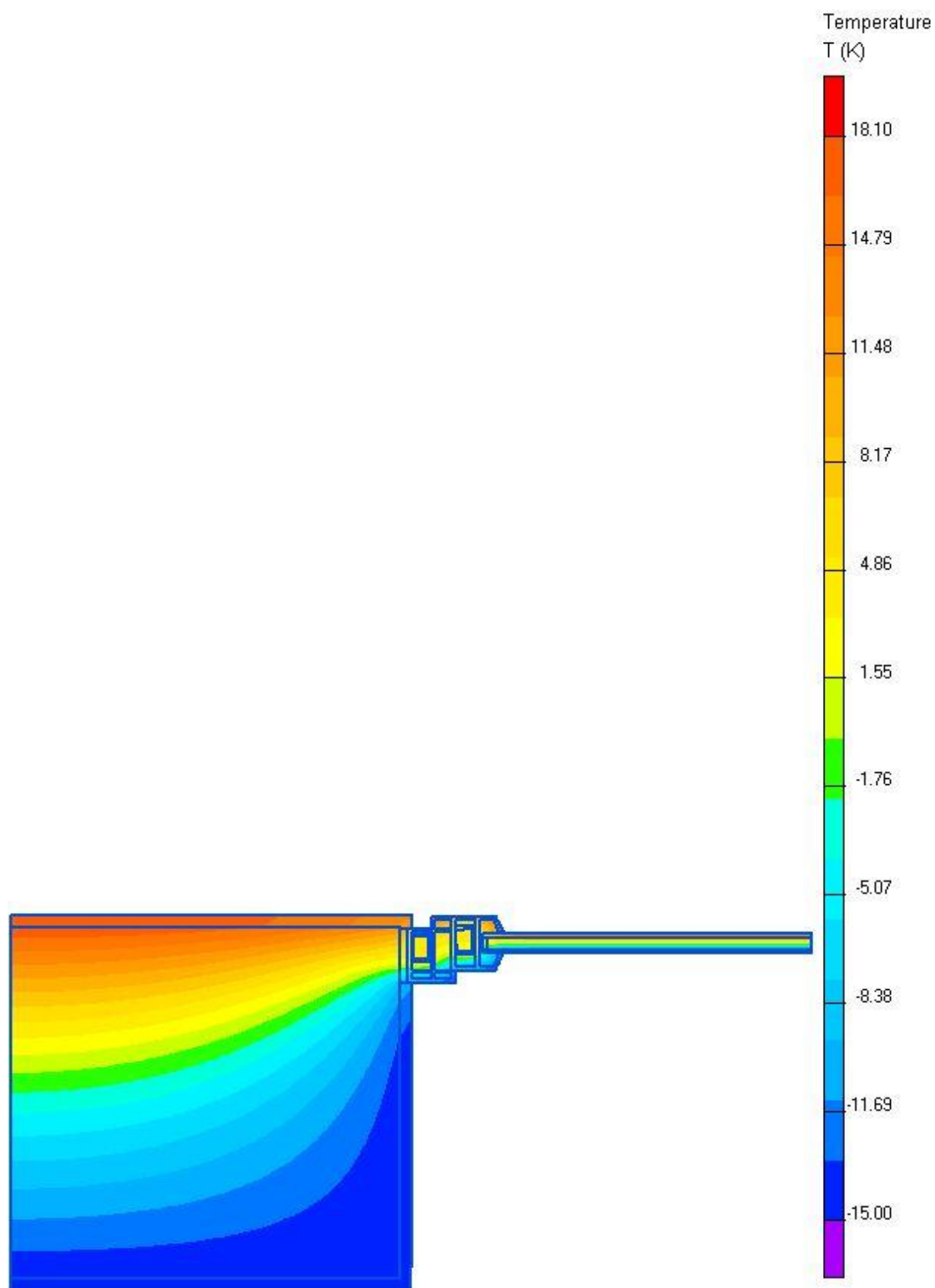












Detail 18

Detail 18 představuje velmi zajímavý případ. V něm jsme se snažili vyčíslit rozdíl v tepelně izolačních vlastnostech cihly na základě různého směru tepelného toku. Výrobci vždy uvádějí ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti tvarovky rovnoběžně s předpokládaným tepelným tokem. Při řešení detailů a teplotních polí v nich pak vzniká problém v tom, že se jedná o anizotropní materiál, jehož vlastnosti jsou v různých směrech různé.

Při výpočtech bylo obtížné stanovit pokud možno co nejpřesněji součinitel tepelné vodivosti cihelného střepu při vlhkosti 1% a dále přesně stanovit ekvivalentní součinitele tepelné vodivosti vzduchových dutin při různých směrech tepelných toků. Při zjišťování těchto údajů jsme vycházeli u cihelného střepu ze součinitele tepelné vodivosti v suchém stavu a s analogií zvýšení této hodnoty u nelehčeného cihelného střepu. Při stanovování ekvivalentního součinitele tepelné vodivosti vzduchových dutin při různých směrech tepelných toků jsme vycházeli výpočtů dle ČSN EN ISO 6946.

Veškeré použité hodnoty jsou patrné z tabulky 1, přičemž vzduchové dutiny byly rozděleny podle typu na přibližně 3 velikostní skupiny.

Tepelný tok ve směru osy **x** představuje tepelný tok vodorovně kolmo na zdivo, tedy směr, který je ve většině případů obvyklý.

Tepelný tok ve směru osy **y** představuje tepelný tok vodorovně, ale v rovině zdiva, což například připadá v úvahu u ostění okna. Projeví se to také pochopitelně v rozích stavby apod.

Tepelný tok ve směru osy **z** představuje svislý tepelný tok. Ten připadá v úvahu tam, kde zeď svisle protíná obálku budovy, tedy například u základů, v podkroví, na půdě a podobně.

1 – Tabulka použitých součinitelů tepelné vodivosti

varianta	Zadané hodnoty λ [W m ⁻¹ K ⁻¹]			
	Střep	velikost vzduchové dutiny		
		malá dutina	velká dutina	tenká dutina
SUPE®THERM 44 STI				
1 – ve směru x	0,36	0,0594	0,0686	0,0594
2 – ve směru y	0,36	0,2	0,29	0,15
3 – ve směru z	0,36	0,8	0,8	0,8
SUPE®THERM 44 P+D				
1 – ve směru x	0,582	0,0594	0,0686	0,0594
2 – ve směru y	0,582	0,2	0,29	0,15
3 – ve směru z	0,582	0,8	0,8	0,8

Použité hodnoty λ byly ověřeny výpočtem dvourozměrného stacionárního teplotního pole ve směru osy **x** a výsledky byly porovnány s hodnotami tepelného odporu **R** uváděného výrobcem pro zdivo bez omítek. Drobné zjištěné odchylky jsou akceptovatelné, neboť zde může být drobná chyba při zadávání tepelné vodivosti vzduchů v dutinách i materiálu. Dále do výpočtu nebyla zahrnována malta.

Výpočet

Výpočet dvojrozměrného stacionárního vedení tepla byl počítán na rozdíl 10°C a pochopitelně bez uvažování vlivů součinitelů přestupu tepla α . Výpočet byl prováděn pro každou z uvedených dvou tvarovek 3x a to pro vedení tepla v jednotlivých směrech os **x**, **y**, a **z** tak, jak je popsáno výše. Z orientací tepelných toků pro výpočet ve směru osy **z** bylo při výpočtu patrné, že pro tento výpočet jsou tepelné toky rovnoběžné a tudíž je možné provést zjednodušující výpočet, kdy pro tento směr tepelného toku bude uvažováno s tím, že jde o dva vedle sebe stojící nezávislé tepelné vodiče o daných parametrech. Tím je možné přesněji do výpočtu zahrnout i vliv obvodových vrstev cihelného bloku, které se jinak v tomto výpočtu dvourozměrného teplotního pole neprojeví. Započítání vlivu i těchto stěn do výpočtu se projeví na výpočtu ekvivalentní tepelné vodivosti kladně, neboť v tomto směru tepelného toku má vzduchová dutina záporný vliv na tepelně izolační vlastnosti.

Při výpočtech byl vždy vypočten tepelný tok na vnitřním líci zdiva a z něj pak následně vypočítán tepelný odpor a ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti. Při výpočtu byly uvažovány čisté rozměry tvarovky, tedy 440/247/238 mm.

Při výpočtu tepelného odporu a ekvivalentního součinitele tepelné vodivosti bylo postupováno podle těchto vzorců:

$$Q = (\Delta q \cdot s) / R_T \quad (1)$$

kde Q je tepelný tok počítanou oblastí,

Δq je rozdíl teplot při kterých se prostup děje,

s je šířka oblasti, kterou se tepelný tok děje při jednotkové výšce a

R_T je tepelný odpor dané oblasti.

a

$$\lambda_{ev} = d / R_T \quad (2)$$

kde λ_{ev} je ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti dané oblasti a

d je délka dané oblasti ve směru toku tepla.

2 – Tabulka výpočtů ekvivalentních součinitelů tepelné vodivosti

<i>Varianta</i>	$Q [W \cdot m^{-1}]$	$R_T [m^2 \cdot K \cdot W]$	$\lambda_{ev} [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
SUPE®THERM 44 STI			
1 - ve směru x	0,57392	4,303735712	0,102236761
2 - ve směru y	4,9293	0,89262167	0,276712977
3 - ve směru z	12,453	0,353328515	0,673594091
SUPE®THERM 44 P+D			
1 - ve směru x	0,74218	3,328033631	0,132210202
2 - ve směru y	6,2486	0,704157731	0,350773682
3 - ve směru z	13,87	0,317231435	0,750240909

V tabulce 4 jsou uvedeny výsledky výpočtů ekvivalentních součinitelů tepelné vodivosti pro svislý směr vedení tepla (ve směru osy **z**), kdy bylo uvažováno vedení tepla jednorozměrné dvěma paralelními vodiči, a to cihelným střepem a vzduchovými dutinami. Z výsledků je patrné, že rozdíl od výsledků získaných dvourozměrným

výpočtem tepla při zanedbání dvou stěn tvarovky je do 10%. Výsledné hodnoty ekvivalentních součinitelů tepelné vodivosti jsou příznivější, což se očekávalo.

3 – Tabulka půdorysných ploch cihelných tvarovek

obsah podstavy					
původ údajů	celkem	střep		dutina	
Z rozměrů	0,10868 m ²	-	-	-	-
z výkresu SI	0,116327 m ²	0,045325 m ²	39 %	0,071002 m ²	61 %
z výkresu PD	0,115447 m ²	0,046799 m ²	41 %	0,068648 m ²	59 %

4 – Tabulka výpočtů ekvivalentních součinitelů tepelné vodivosti

varianta	výpočet při dvourozměrném vedení tepla		výpočet při lineárním vedení tepla		procentuální zlepšení vlastností tvarovky při přesnějším výpočtu	
	R_T m ² K W	λ_{ey} [W m ⁻¹ K ⁻¹]	R_{Ta} m ² K W	λ_{ey} W m ⁻¹ K ⁻¹	R_{Ta} m ² K W	λ_{ey} W m ⁻¹ K ⁻¹
SUPE®THERM 44 STI	0,353	0,674	0,389	0,612	10%	9%
SUPE®THERM 44 P+D	0,317	0,750	0,338	0,703	7%	6%

Výpočtem ekvivalentních součinitelů tepelné vodivosti bylo prokázáno, že cihelná tvarovka typu Therm je anizotropní materiál s výrazně rozdílnými vlastnostmi vedení tepla v různých směrech.

Ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti ve vodorovném směru kolmo na obvyklý směr tepelného toku, tedy ve směru zdi je přibližně 3x horší, než ve vodorovném směru kolmo na zeď a to u obou posuzovaných tvarovek.

U směru svislém je tento rozdíl ještě markantnější, neboť ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti je cca 6x horší, než kolmo na zeď.

Jde tedy o výrazné zhoršení stavu proti uvažování izotropnosti tohoto materiálu. Vliv se projeví zejména tam, kde dochází ke svislému tepelnému toku, tedy například u základů, u ztužujících věnců, u průchodu zdiva tepelnou izolací ve svislém směru a podobně.

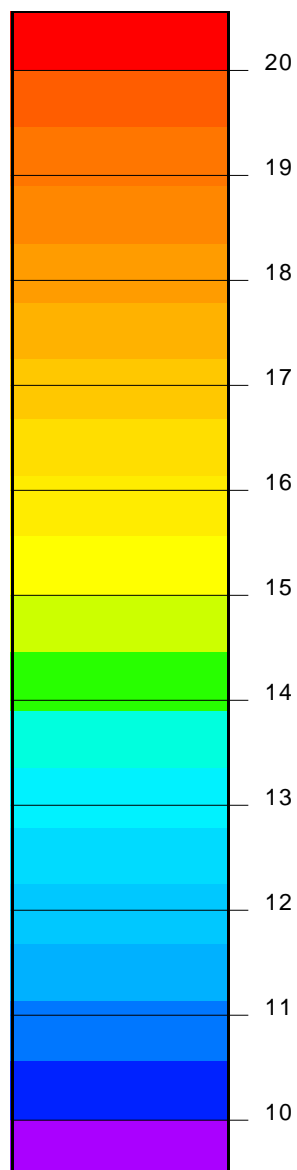
Barevné vyobrazení průběhů teplot a směru tepelných toků bylo zobrazeno na základě výpočtů prováděných vždy pro stejný rozdíl teplot – a sice 10 °C a proto pro všechny obrázky simulace termovize platí stejná barevná škála, kde je jednotlivým teplotám přiřazen určitý barevný odstín – viz níže. Zvýšením rozdílu teplot sice dojde ke zvýšení tepelného toku, ale vždy ve stejných poměrech a proto tento rozdíl není rozhodující.

Vektory hustoty tepelného toku jsou vždy znázorněny v uzlech sítě o rozměru 7 × 7 mm.

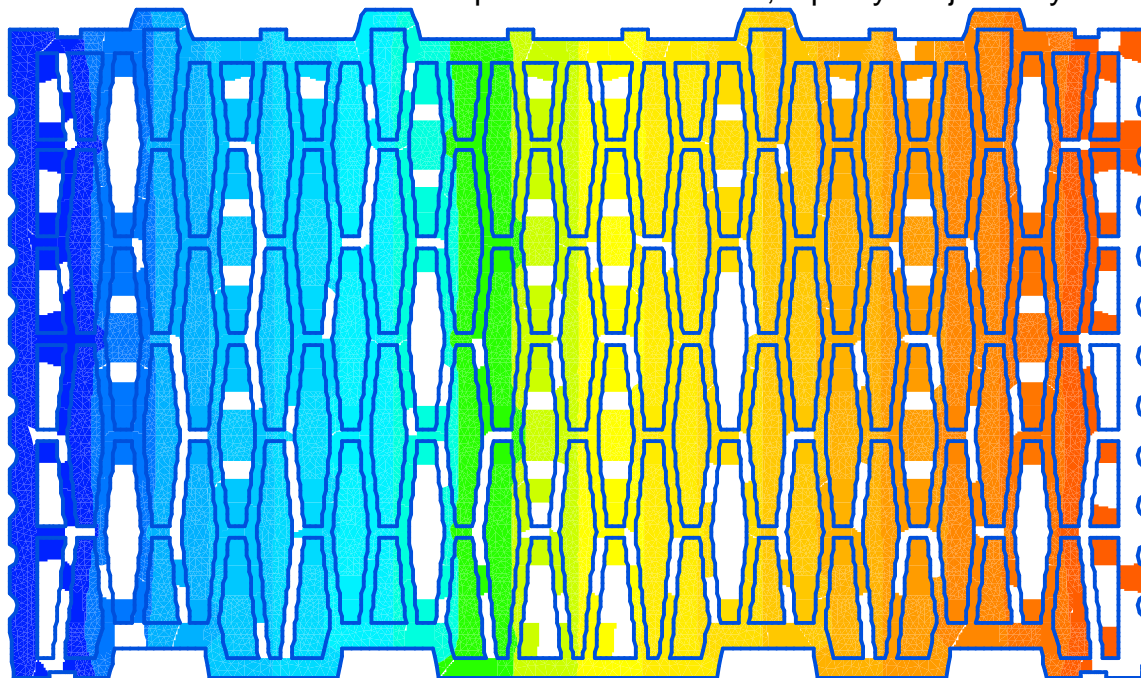
Teplotní stupnice pro simulace termovize:

Temperature

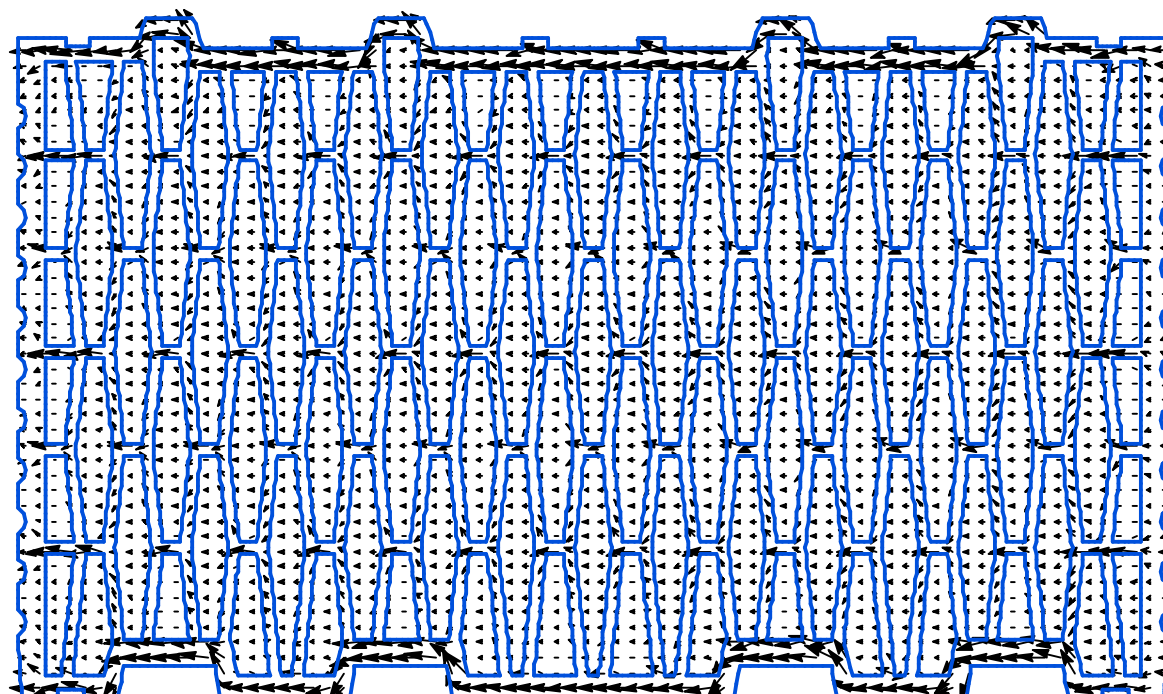
T (K)



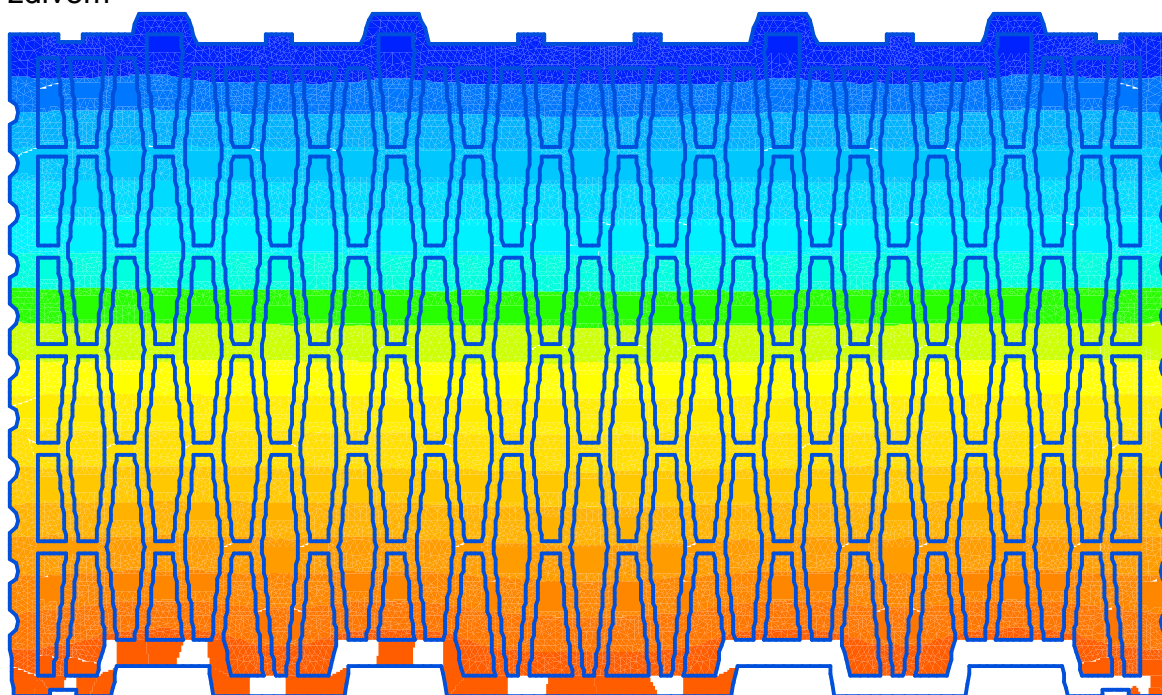
Obrázek 1 – simulace termovize pro tvarovku 44 P+D, tepelný tok je kolmý na zdivo



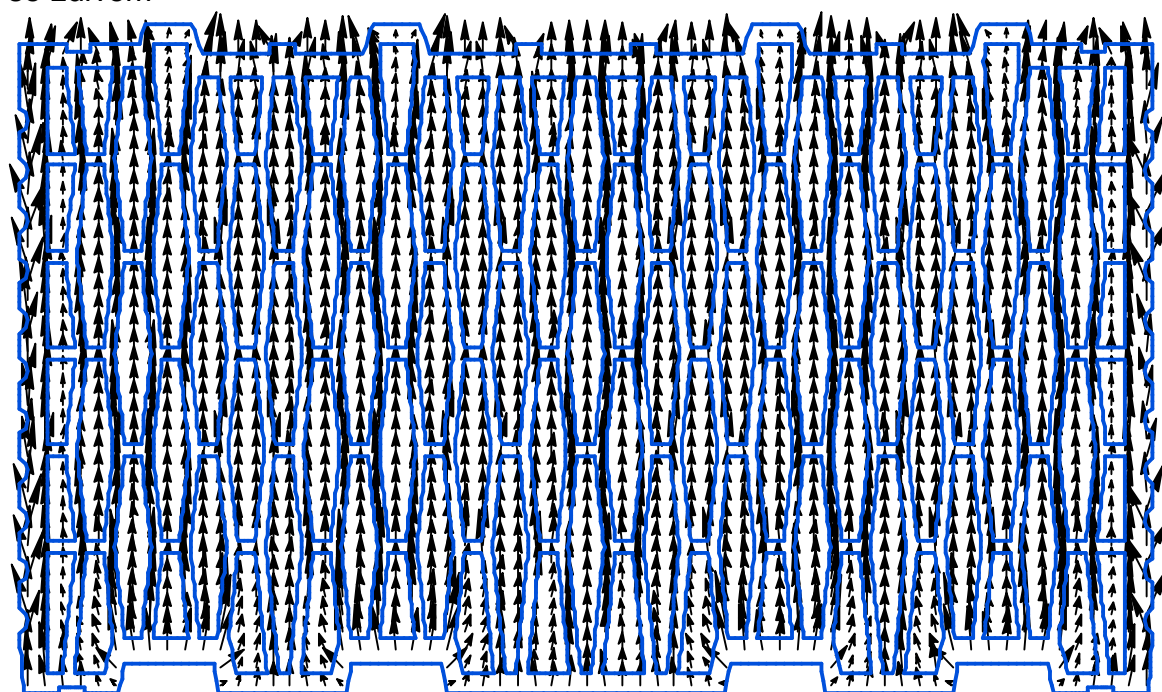
Obrázek 2 – směr tepelných toků uvnitř tvarovky 44 P+D, tepelný tok je kolmý na zdivo



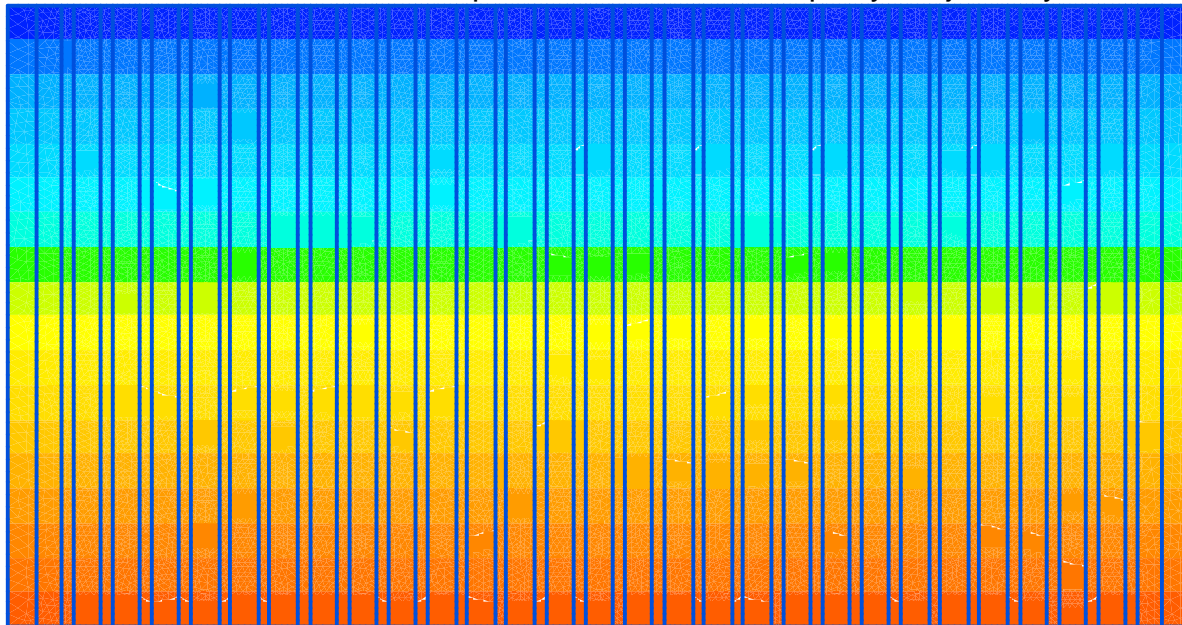
Obrázek 3 – simulace termovize pro tvarovku 44 P+D, tepelný tok je rovnoběžný se zdivem



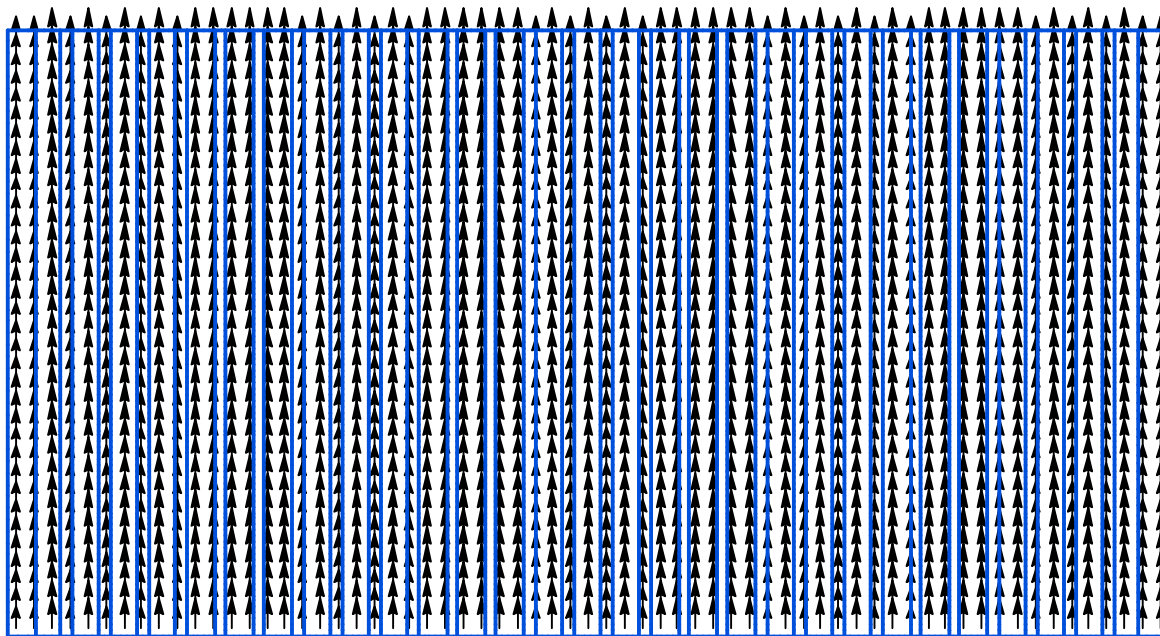
Obrázek 4 – směr tepelných toků uvnitř tvarovky 44 P+D, tepelný tok je rovnoběžný se zdivem



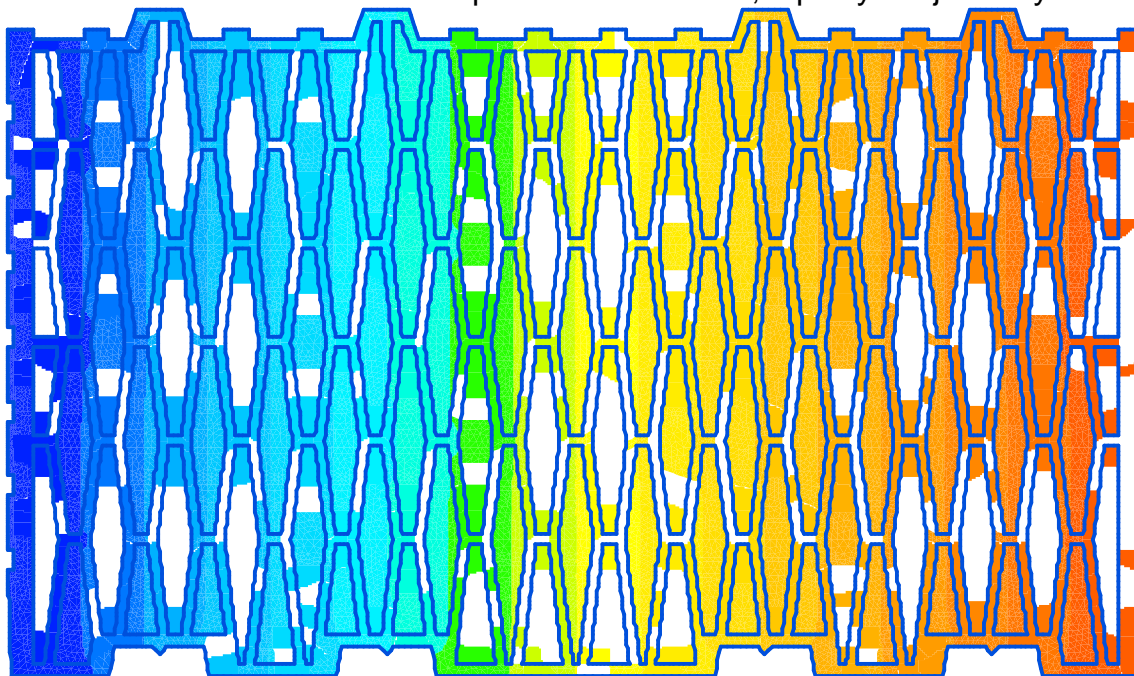
Obrázek 5 – simulace termovize pro tvarovku 44 P+D, tepelný tok je svislý



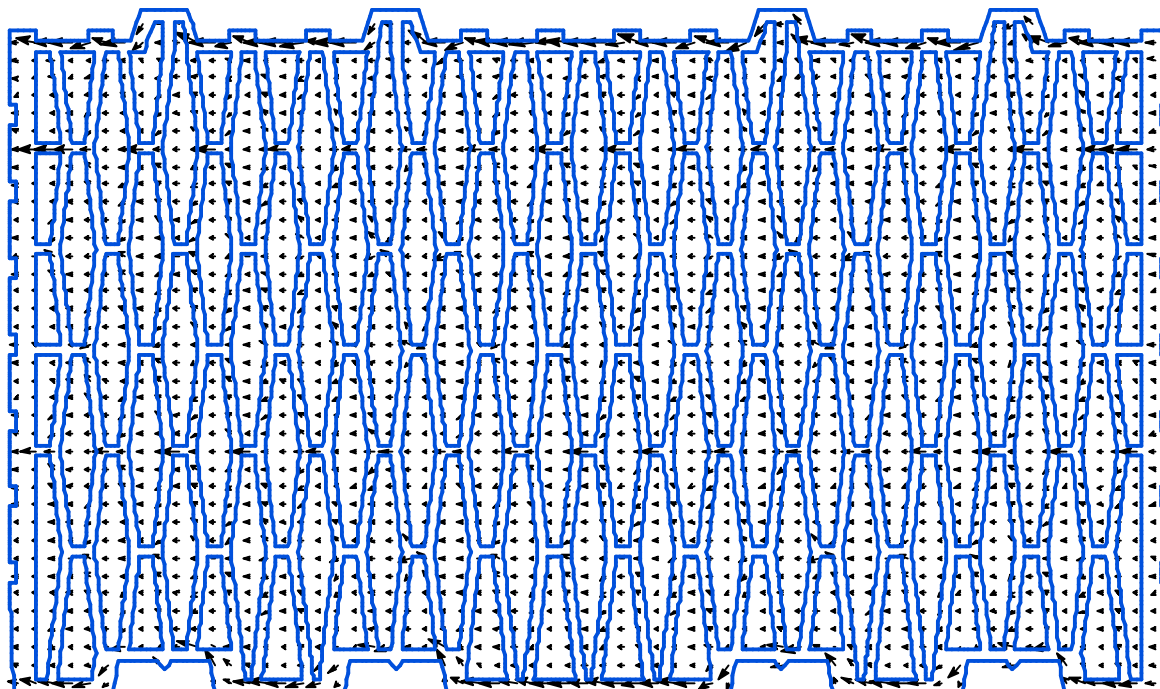
Obrázek 6 – směr tepelných toků uvnitř tvarovky 44 P+D, tepelný tok je svislý
Pozn.: Tady je „optická nepřesnost“ – zadány a ve výpočtu respektovány jsou přesné rozměry, ale díky vykreslování tlusté čáry vznikají tyto optické disproporce.



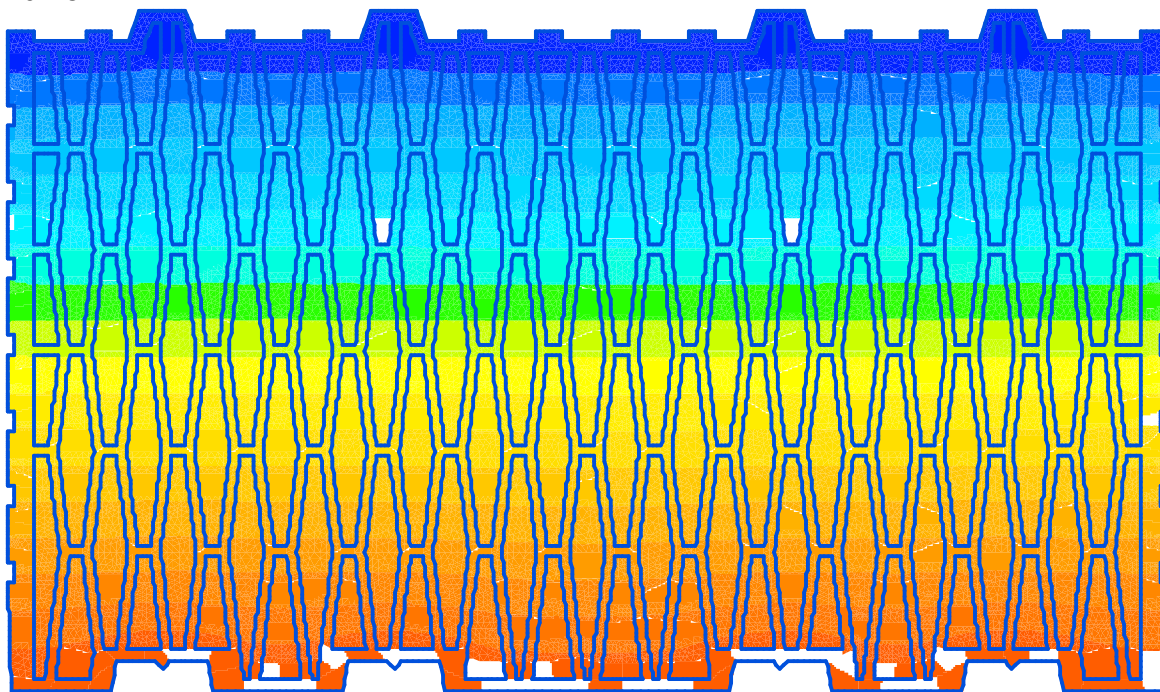
Obrázek 7 – simulace termovize pro tvarovku STI 44, tepelný tok je kolmý na zdivo



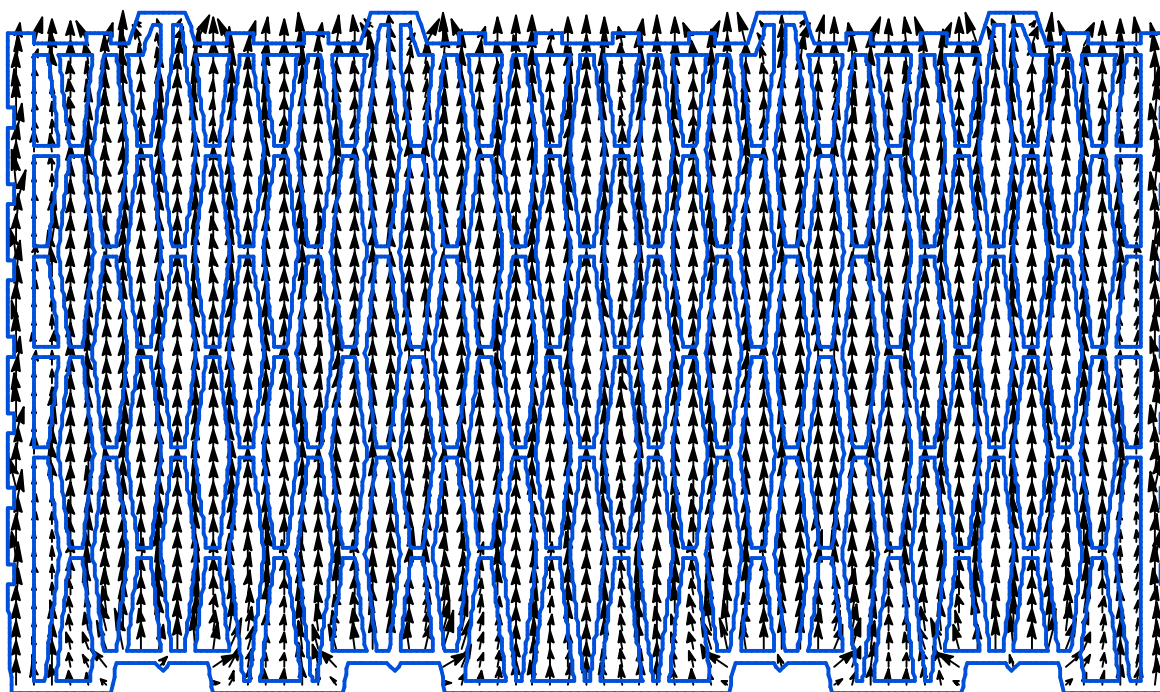
Obrázek 8 – směr tepelných toků uvnitř tvarovky STI 44, tepelný tok je kolmý na zdivo



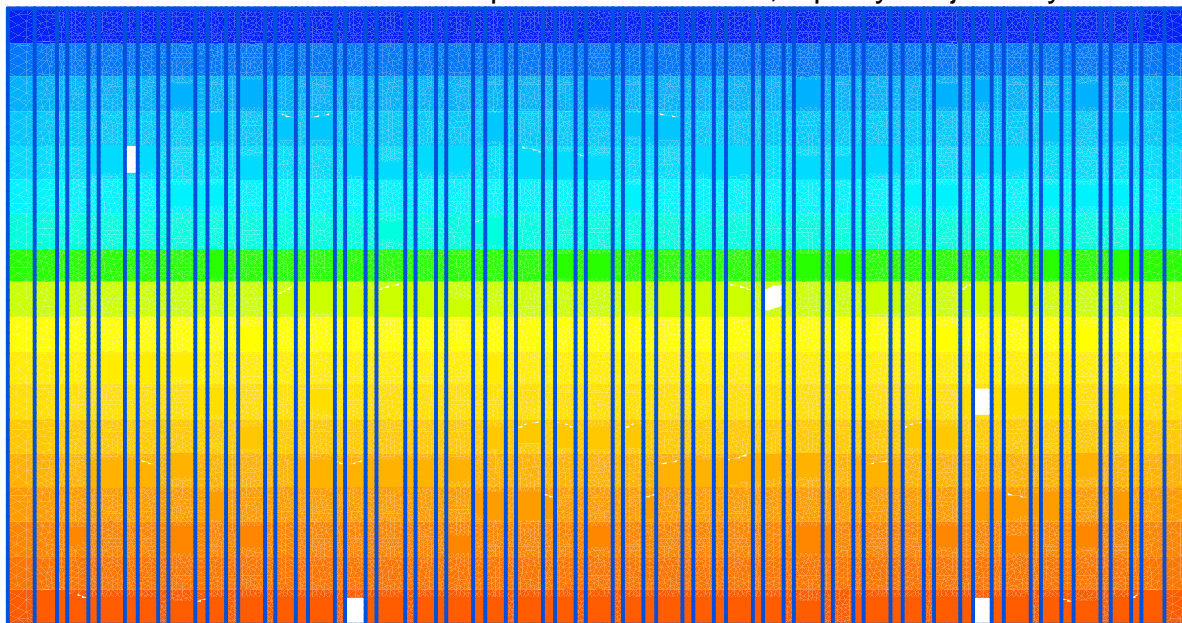
Obrázek 9 – simulace termovize pro tvarovku STI 44, tepelný tok je rovnoběžný se zdívm



Obrázek 10 – směr tepelných toků uvnitř tvarovky STI 44, tepelný tok je rovnoběžný se zdívm



Obrázek 11 – simulace termovize pro tvarovku STI 44, tepelný tok je svislý



Obrázek 12 – směr tepelných toků uvnitř tvarovky STI 44, tepelný tok je svislý

