



Vysoká škola technická a ekonomická
v Českých Budějovicích

Diplomová práce prezentace

Návrh polyfunkčního domu s nízkou spotřebou energie na bázi dřeva

Autor: Bc. Petr Bláha, DiS.

Vedoucí diplomové práce: doc. Dr. Ing. Luboš Podolka

Oponent diplomové práce: Ing. Tomáš Hrdlička

Červen 2019

Cíl práce:

Cílem diplomové práce je návrh architektonického a stavebně – konstrukčního řešení polyfunkčního domu s nízkou spotřebou energie na bázi dřeva a dřevěných hmot. Předpokládá se architektonická a stavebně konstrukční studie spolu s výkresovou dokumentací ve stupni „Projekt pro provádění stavby“ včetně vyřešení charakteristických detailů. Nezbytnou částí diplomové práce je vyhodnocení a posouzení tepelně – technických charakteristik navržených konstrukcí i budovy jako celku.

Výzkumný problém - hypotéza:

Polyfunkční objekt navržený ze systémových konstrukcí CLT panelů lze svými tepelně technickými vlastnostmi řadit mezi nízkoenergetické stavby.

Metodika práce:

Bude provedeno zpracování dokumentace stavby v rozsahu DPS – stavební část. Dále budou navrženy a posouzeny skladby jednotlivých konstrukcí, výsledné hodnoty budou porovnány s normovými požadavky a bude provedeno jejich vyhodnocení. Budou navrženy a posouzeny jednotlivé konstrukční detaily a bude provedeno tepelně technické vyhodnocení stavby jako celku. Výsledkem bude vytvoření protokolu a štítku PENB a následné zařazení objektu do konkrétní energetické třídy.

Motivace a důvody vedoucí k výběru daného tématu:

Stavby na bázi dřeva jsou v ČR, díky historickému přerušení jejich vývoje, pod tlakem předsudků. Ačkoliv ve světě se jejich využití v porovnání s ostatními materiálovými bázemi v rovnováze, u nás se staví pouze jako RD. Motivací pro tuto práci je vnést jiskru do povědomí, že konstrukce na bázi dřeva je možné využít i jinak než jen pro výstavbu rodinných domků.

Popis objektu:

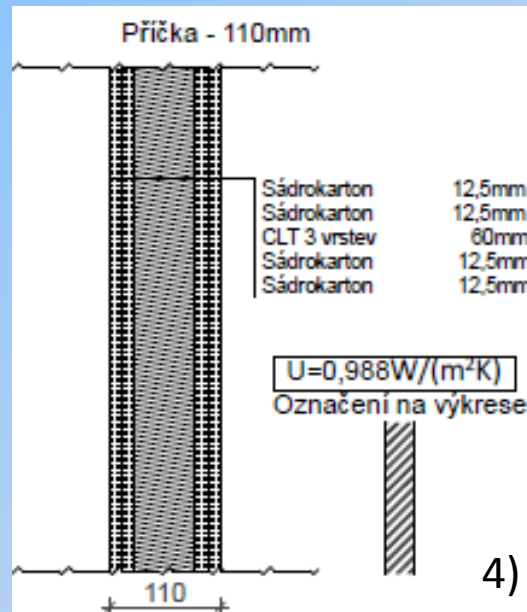
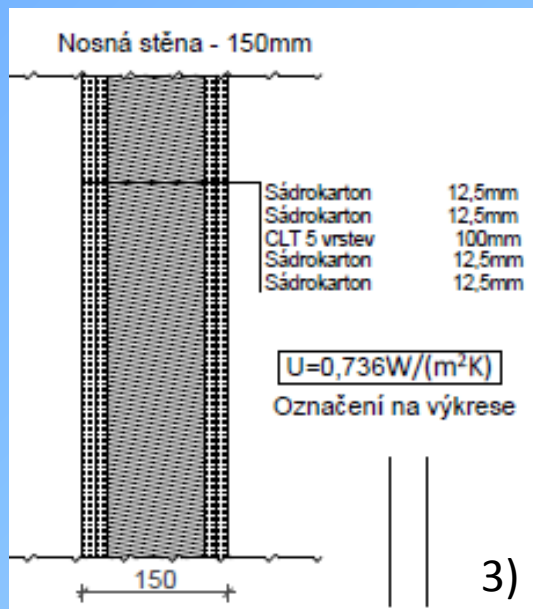
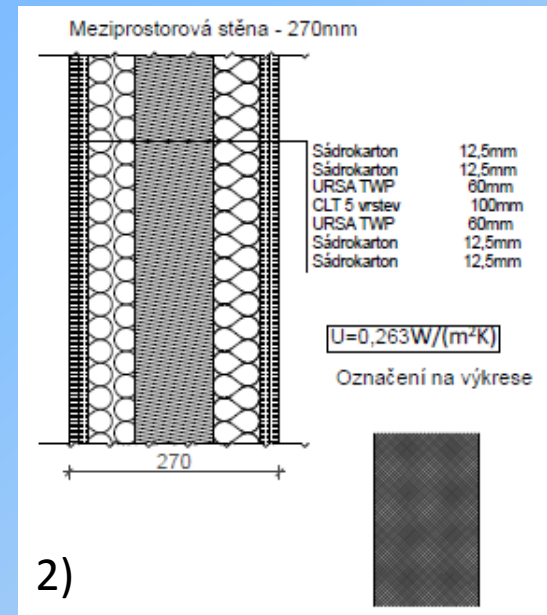
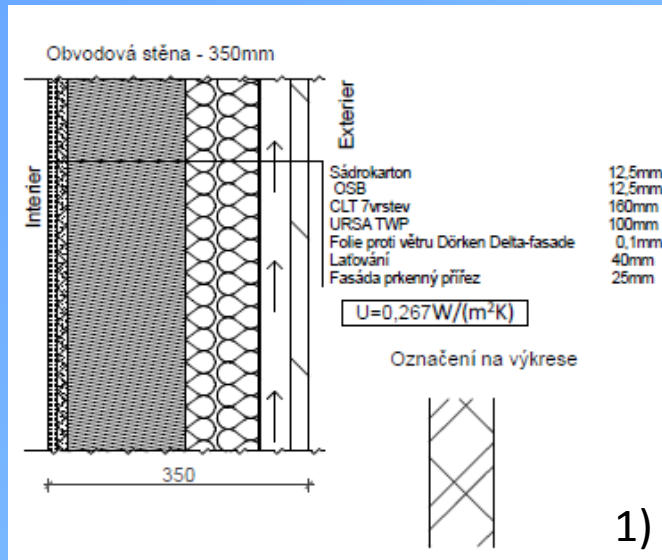
Novostavba třípodlažního polyfunkčního objektu na bázi dřeva. V 1.NP bude komerční prostor, sklepy pro uživatele bytů a zázemí objektu. 2.NP a 3.NP bude sloužit k bydlení.

Svislé konstrukce jsou tvořeny prefabrikovanými plnostěnnými panely CLT. Nosné konstrukce stropu a střechy jsou tvořena prefabrikovaným nosným systémem CLT NOVATOP ELEMENT.

Tepelně-technické parametry skladeb konstrukcí

- Cílem je posouzení vybraných konstrukcí a určení hodnoty U , fR_{si} a celoroční bilance vodní páry. Vypočtené hodnoty jsou komparovány s normovými požadavky dle ČSN 73 0540-2 (2011) ve znění změny Z1:2012.
- Výstupem ke každé konstrukci je textová zpráva, skládající se z popisu konstrukce, kompletního výpočtového protokolu, vyhodnocení a grafů. Dochází-li v konstrukci ke kondenzaci, bude také okomentováno kde a proč.

Skladby konstrukcí:

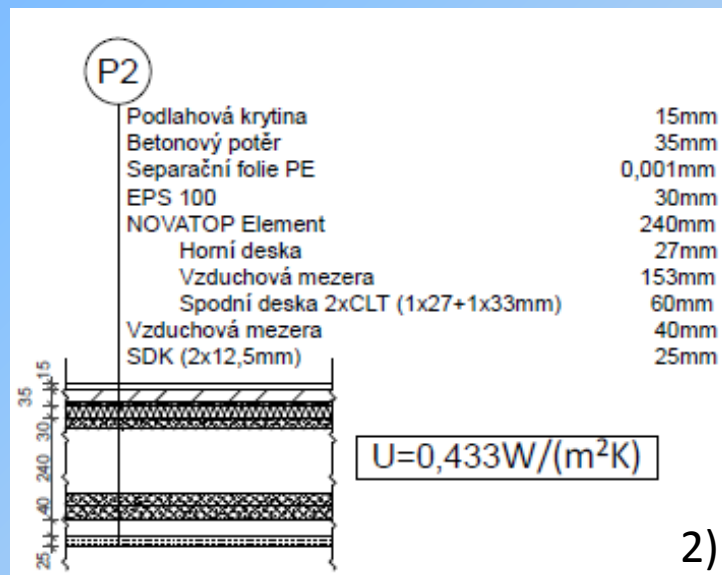
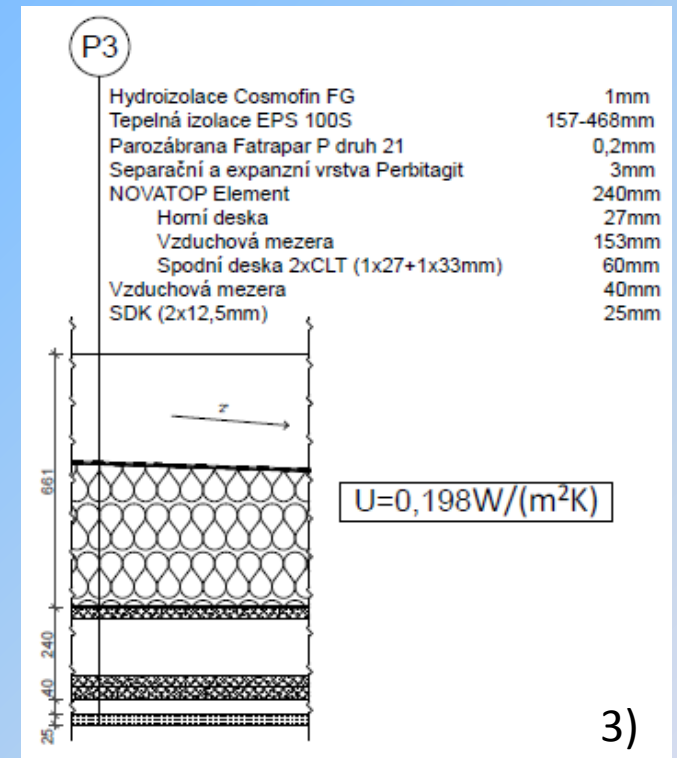
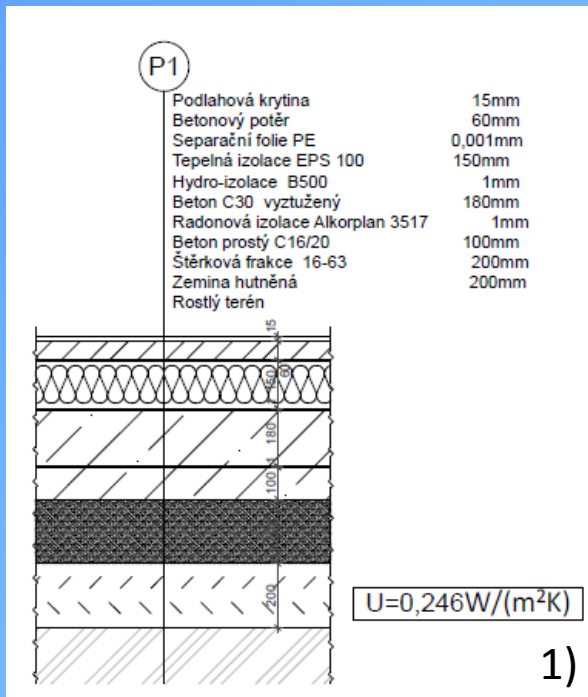


Svislé konstrukce:

- 1) Obvodová stěna
- 2) Meziprostorová stěna
- 3) Nosná stěna
- 4) Příčka

(zdroj: vlastní)

Skladby konstrukcí:



Vodorovné konstrukce:

- 1) Podlaha na terénu
- 2) Strop mezi podlažními
- 3) Plochá střecha

(zdroj: vlastní)

Skladby konstrukcí – vyhodnocovací tabulka:

| Vyhodnocovací tabulka konstrukcí | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---|------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|------------|---|---------------|
| Hodnocená konstrukce | Součinitel prostupu tepla $U(W/(m^2K))$ | | Vodní páry $M(kg/(m^2a))$ | | | Teplotní faktor $f_{Rsi}(-)$ | | Pokles dotykové teploty | |
| | Zjištěná hodnota | Požadovaná | Zkondenzované množství M_{ca} | Vypařitelné množství $M_{ev,a}$ | Ohrožení funkce konstrukce | Zjištěná hodnota | Požadovaná | Zjištěná hodnota °C | Požadovaná °C |
| Obvodová stěna - tl.350mm | 0,267 | 0,3 | Nedochází ke kondenzaci | | Nedochází k ohrožení konstrukce | 0,935 | 0,76 | Nevyhodnocuje se | |
| | Požadavek je splněn | | Požadavek je splněn | | | Požadavek je splněn | | Nevyhodnocuje se | |
| Meziprostorová stěna - tl.270mm | 0,263 | 2,7 | 0,7924 | 7,9045 | Nedochází k ohrožení konstrukce | 0,936 | 0,76 | Nevyhodnocuje se | |
| | Požadavek je splněn | | Požadavek je splněn | | | Požadavek je splněn Vnitřní konstrukce bez vlivu vnějšího prostředí. | | Nevyhodnocuje se | |
| Nosná stěna - tl.150mm | 0,736 | 2,7 | 0,2404 | 10,5749 | Nedochází k ohrožení konstrukce | 0,82 | 0,76 | Nevyhodnocuje se | |
| | Požadavek je splněn | | Požadavek je splněn | | | Požadavek je splněn Vnitřní konstrukce bez vlivu vnějšího prostředí. | | Nevyhodnocuje se | |
| Příčka - tl.110mm | 0,988 | 2,7 | 0,2696 | 12,5001 | Nedochází k ohrožení konstrukce | 0,76 | 0,818 | Nevyhodnocuje se | |
| | Požadavek je splněn | | Požadavek je splněn | | | Požadavek není splněn Vnitřní konstrukce bez vlivu vnějšího prostředí. | | Nevyhodnocuje se | |
| Podlaha na terénu (posuzovaná část) | 0,246 | 0,45 | Nedochází ke kondenzaci | | Nedochází k ohrožení konstrukce | 0,94 | 0,76 | 7,84 | 6,9 |
| | Požadavek je splněn | | Požadavek je splněn | | | Požadavek je splněn | | Požadavek není splněn Předpokládán pohyb osob v obuvi - není potřeba řešit | |
| Strop mezi podlažími | 0,433 | 2,7 | Nedochází ke kondenzaci | | Nedochází k ohrožení konstrukce | 0,889 | 0,803 | Nevyhodnocuje se | |
| | Požadavek je splněn | | Požadavek je splněn | | | Požadavek je splněn Vnitřní konstrukce bez vlivu vnějšího prostředí. | | Nevyhodnocuje se | |
| Plochá střecha | 0,198 | 0,24 | 0,0031 | 0,0878 | Nedochází k ohrožení konstrukce | 0,952 | 0,76 | Nevyhodnocuje se | |
| | Požadavek je splněn | | Požadavek je splněn | | | Požadavek je splněn | | Nevyhodnocuje se | |

Skladby konstrukcí – vyhodnocení

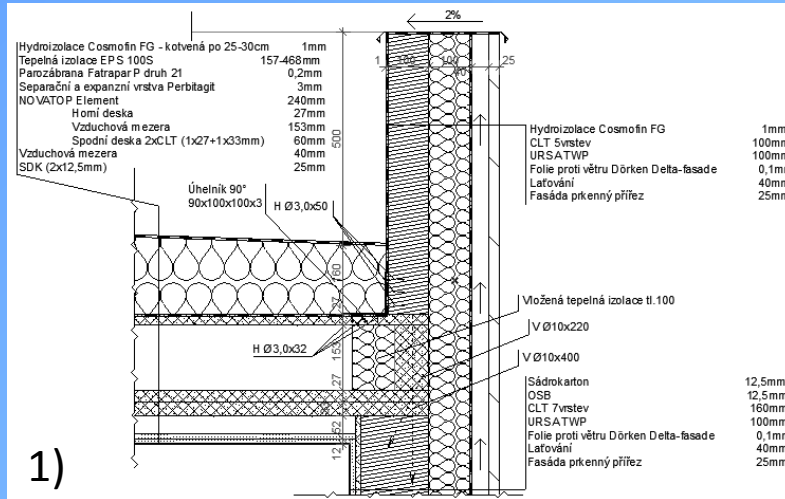
- Navržené konstrukce kromě dvou výjimek splňují požadavky ČSN.
- Výjimku tvoří posuzovaná konstrukce příčky tl. 100, která nevyhovuje v případě požadavku na teplotní faktor, což není vzhledem k tomu, že se jedná o vnitřní konstrukci požadováno.
- Dále nevyhovuje konstrukce podlahy na terénu a to z hlediska poklesu dotykové teploty. Vzhledem k plánovanému účelu podlaží (komerční a vstupní prostory) se předpokládá pohyb osob v obuvi a není potřeba tento požadavek zohledňovat.
- **Celkově lze tedy s ohledem na výše popsané výjimky konstatovat, že posuzované konstrukce jsou vyhovující.**

Posouzení detailů

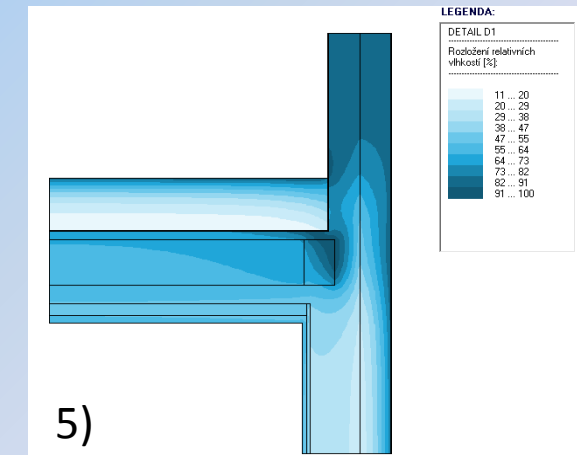
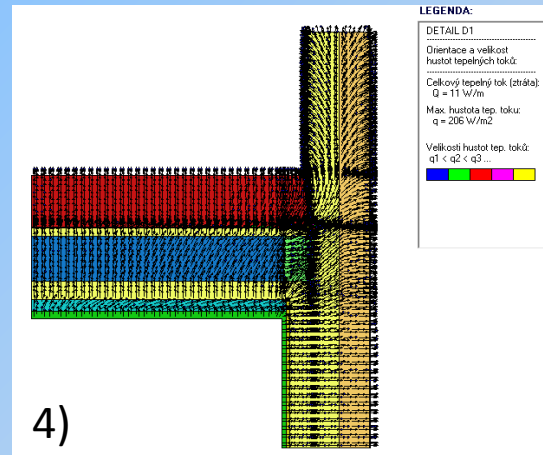
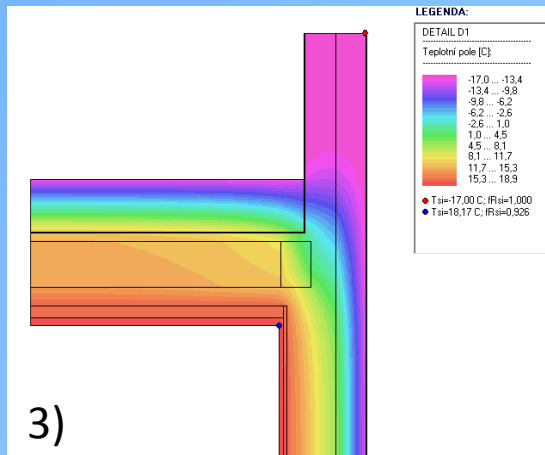
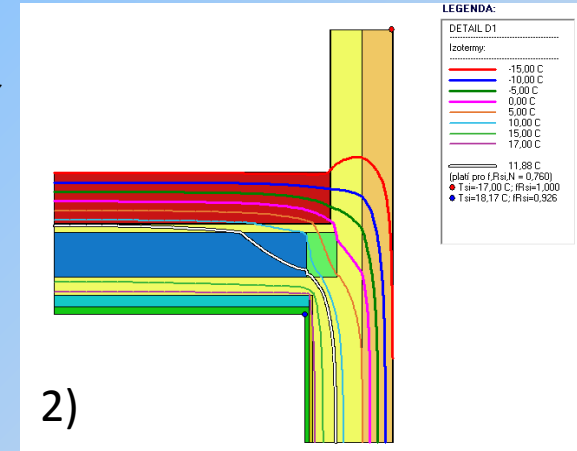
- Cílem je posouzení problematického detailu z hlediska vlivu tepelných mostů dle ČSN 73 0540–2 (2011) a výpočet tepelných toků a 2D stacionárního vedení tepla a vodní páry metodou konečných prvků pomocí softwarového nástroje AREA
- Vyhodnocení je provedeno dle ČSN 73 0540-2 (2011) ve znění změny Z1:2012.
- Jsou použity interiérové hodnoty občanské výstavby (+21°C) a exteriérové hodnoty pro oblast Strakonice (-17°C)

Posouzení detailů

D1 – Napojení střechy a obvodu



- 1)detail
 - 2)izotermie a teplotnı́ faktor
 - 3)pole teplot 2D
 - 4)tepeln́ tok
 - 5)relativnı́ vlhkost
- (zdroj: vlastnı́)



Posouzení detailů

D1 – Napojení střechy a obvodu – vyhodnocení výsledků

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,762$

Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,926$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m².rok.

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant, např. na základě grafických výstupů programu.

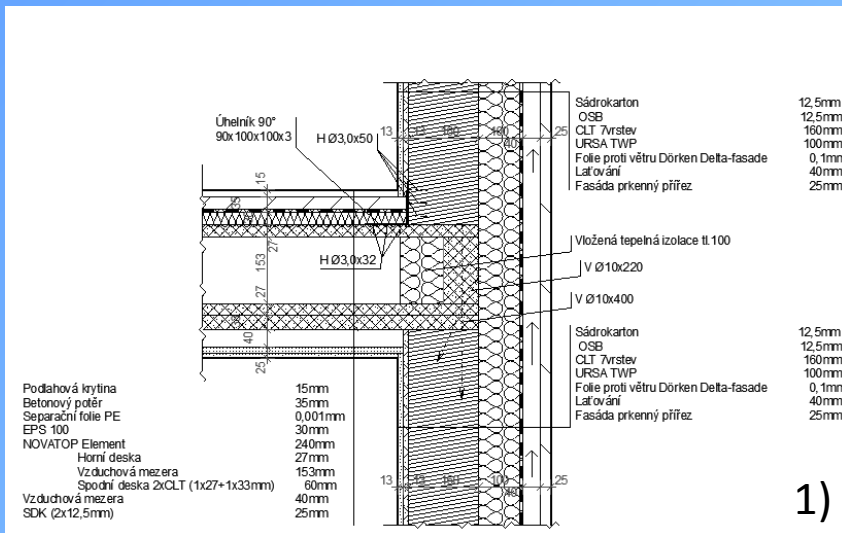
Vyhodnocení 2. požadavku je ztíženo tím, že neexistuje žádná obecně uznávaná a normovaná metodika výpočtu celoroční bilance v podmínkách dvourozměrného vedení tepla a vodní páry.

Orientačně lze použít výsledky dosažené metodikou programu AREA.

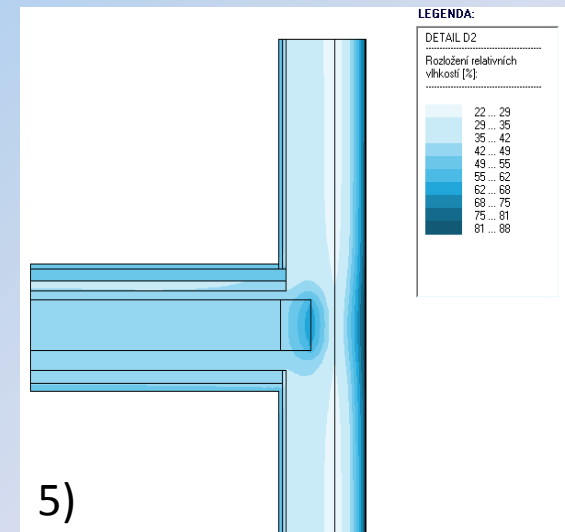
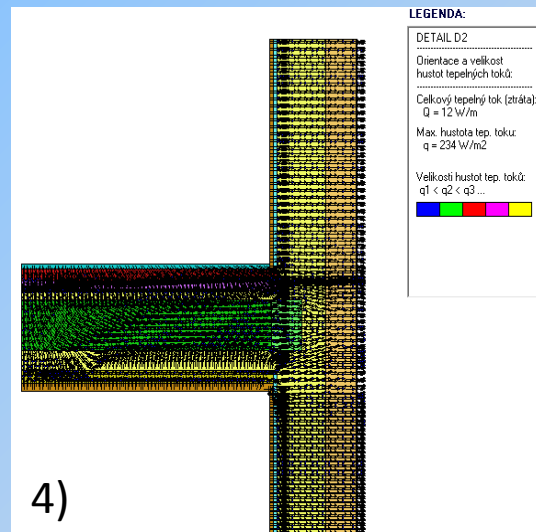
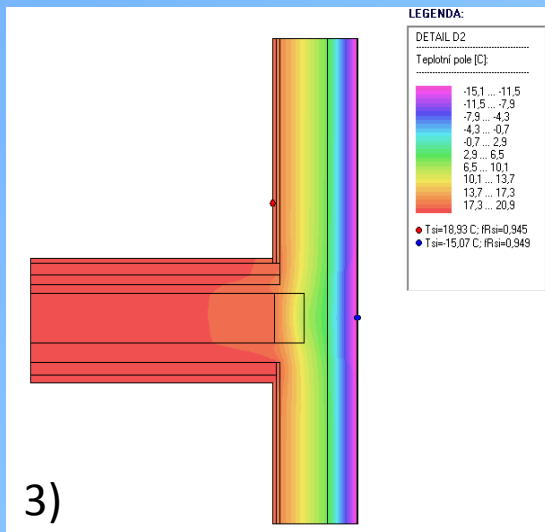
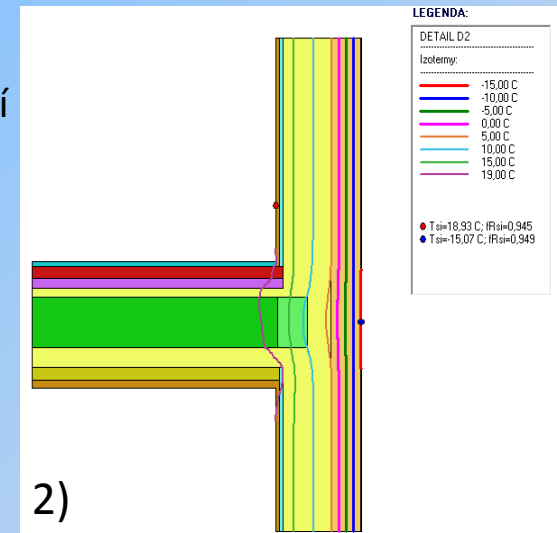
Třetí požadavek je určen pro posouzení skladeb konstrukcí při jednorozměrném vedení tepla a vodní páry - pro detaily se tedy nehodnotí.

Posouzení detailů

D2 – Napojení stropu a obvodu – vyhodnocení výsledků



- 1)detail
- 2)izotermie a teplotní faktor
- 3)pole teplot 2D
- 4)tepelný tok
- 5)relativní vlhkost (zdroj: vlastní)



Posouzení detailů

D2 – Napojení stropu a obvodu – vyhodnocení výsledků

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,762$

Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,945$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

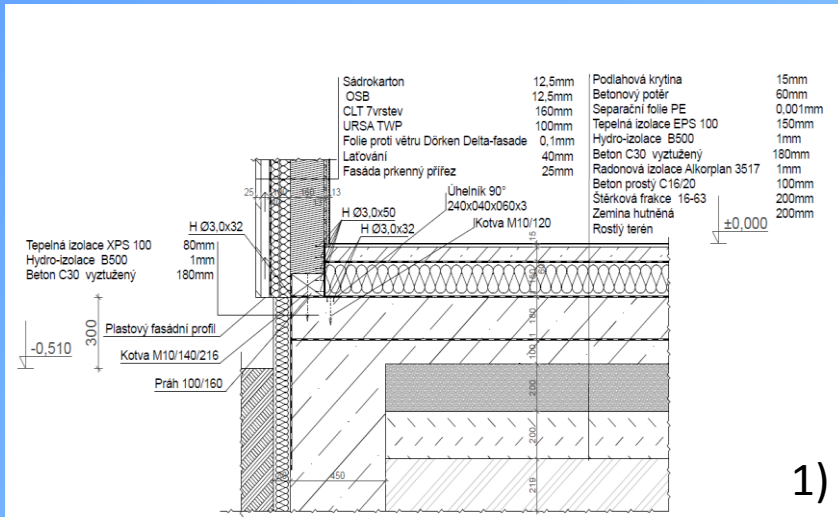
- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m².rok.

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant, např. na základě grafických výstupů programu.
Vyhodnocení 2. požadavku je ztíženo tím, že neexistuje žádná obecně uznávaná a normovaná metodika výpočtu celoroční bilance v podmínkách dvourozměrného vedení tepla a vodní páry.
Orientačně lze použít výsledky dosažené metodikou programu AREA.

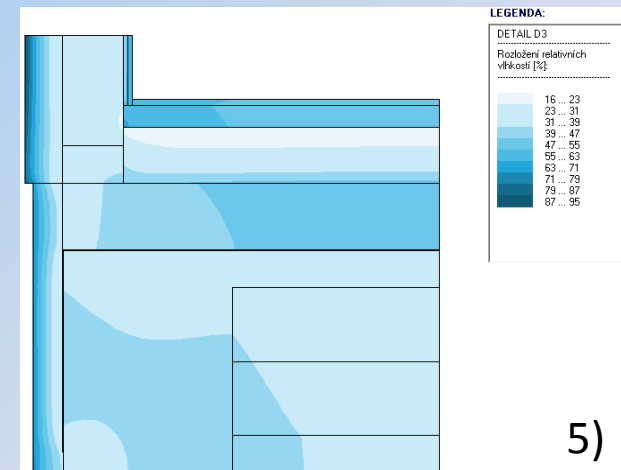
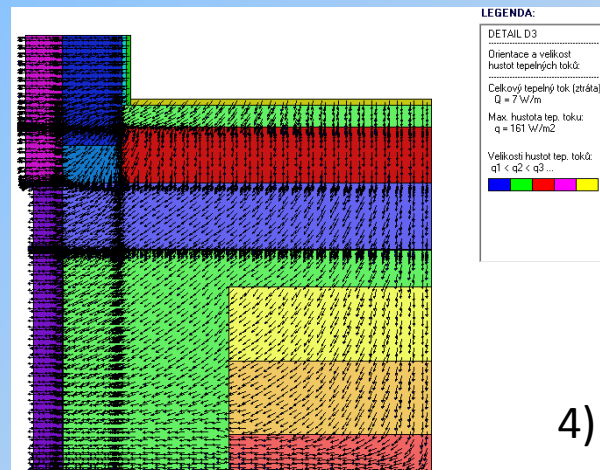
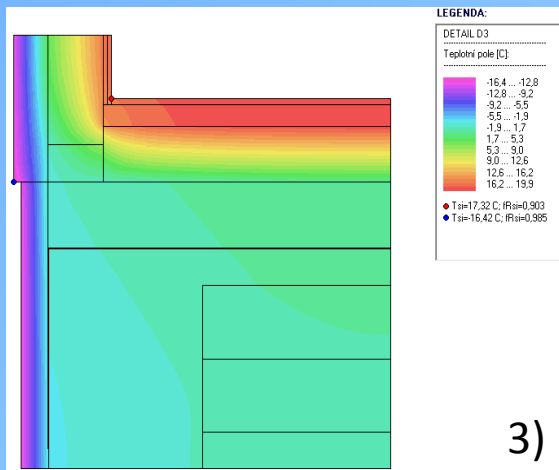
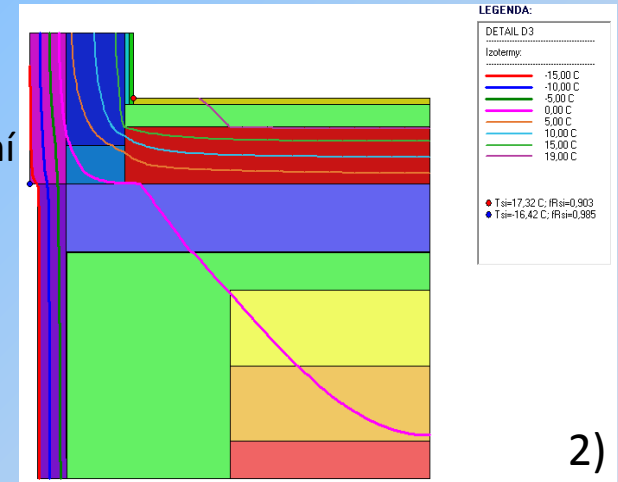
Třetí požadavek je určen pro posouzení skladeb konstrukcí při jednorozměrném vedení tepla a vodní páry - pro detaily se tedy nehodnotí.

Posouzení detailů

D3 – Napojení obvodu a podlahy na terénu



- 1)detail
- 2)izotermie a teplotní faktor
- 3)pole teplot 2D
- 4)tepelný tok
- 5)relativní vlhkost
(zdroj: vlastní)



Posouzení detailů

D3 – Napojení obvodu a podlahy na terénu – vyhodnocení výsledků

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f, R_{si, N} = f, R_{si, cr} = 0,762$

Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f, R_{si} = 0,945$

Kritický teplotní faktor $f, R_{si, cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

$f, R_{si} > f, R_{si, N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m².rok.

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant, např. na základě grafických výstupů programu.

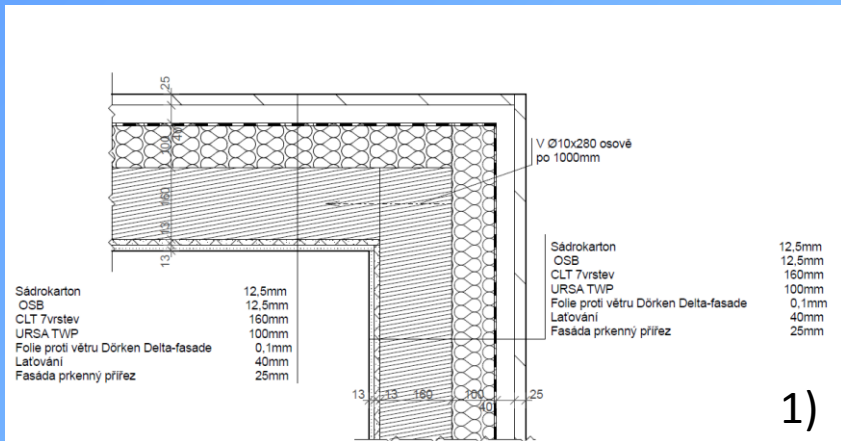
Vyhodnocení 2. požadavku je ztíženo tím, že neexistuje žádná obecně uznávaná a normovaná metodika výpočtu celoroční bilance v podmínkách dvourozměrného vedení tepla a vodní páry.

Orientačně lze použít výsledky dosažené metodikou programu AREA.

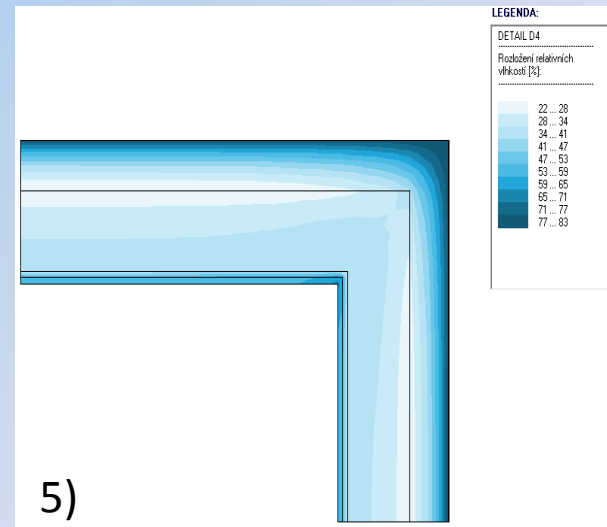
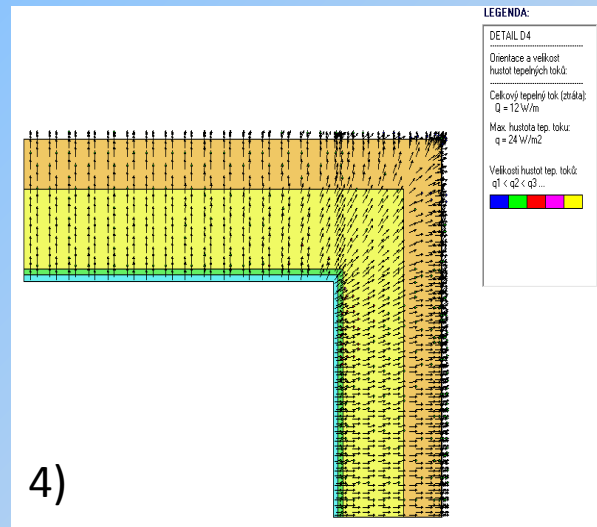
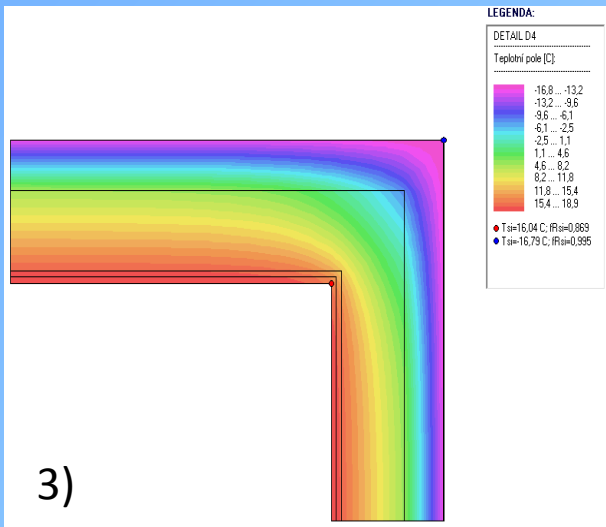
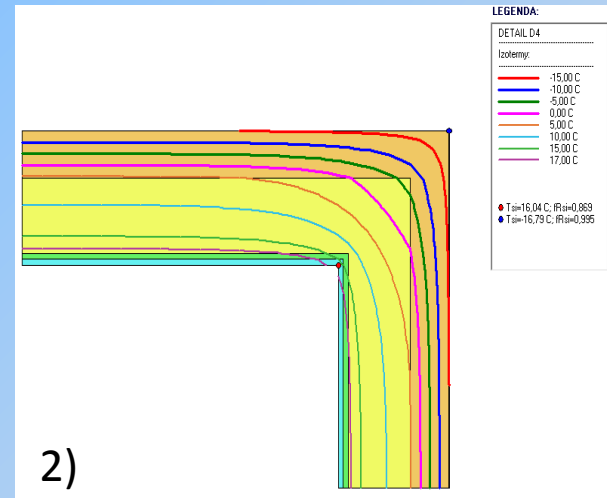
Třetí požadavek je určen pro posouzení skladeb konstrukcí při jednorozměrném vedení tepla a vodní páry - pro detaily se tedy nehodnotí.

Posouzení detailů

D4 – Rohový spoj obvodu



- 1)detail
 - 2)izotermie a teplotní faktor
 - 3)pole teplot 2D
 - 4)tepelný tok
 - 5)relativní vlhkost
- (zdroj: vlastní)



Posouzení detailů

D4 – Rohový spoj obvodu – vyhodnocení výsledků

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,762$

Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,869$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m².rok.

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant, např. na základě grafických výstupů programu.

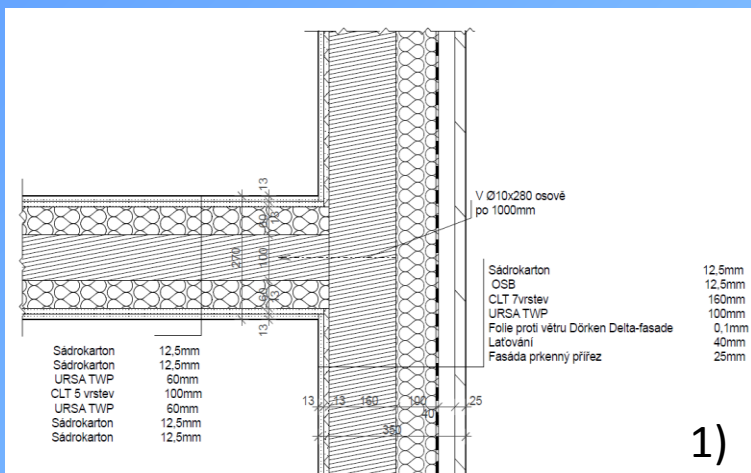
Vyhodnocení 2. požadavku je ztíženo tím, že neexistuje žádná obecně uznávaná a normovaná metodika výpočtu celoroční bilance v podmínkách dvourozměrného vedení tepla a vodní páry.

Orientačně lze použít výsledky dosažené metodikou programu AREA.

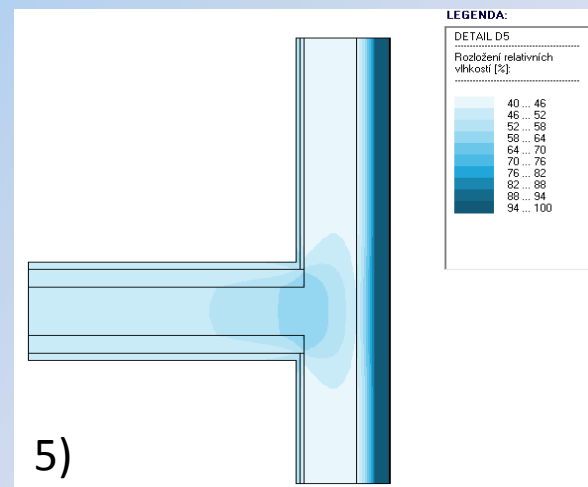
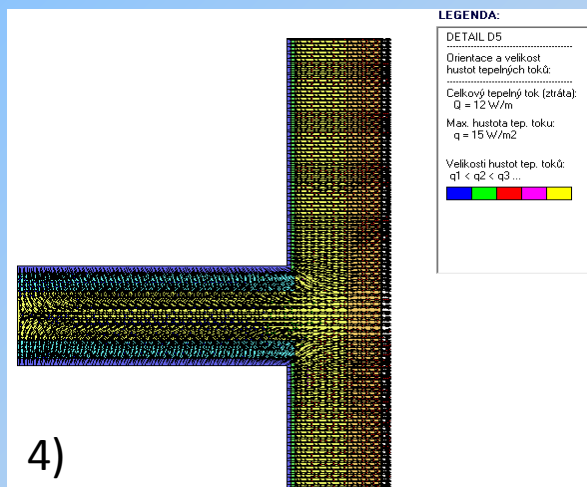
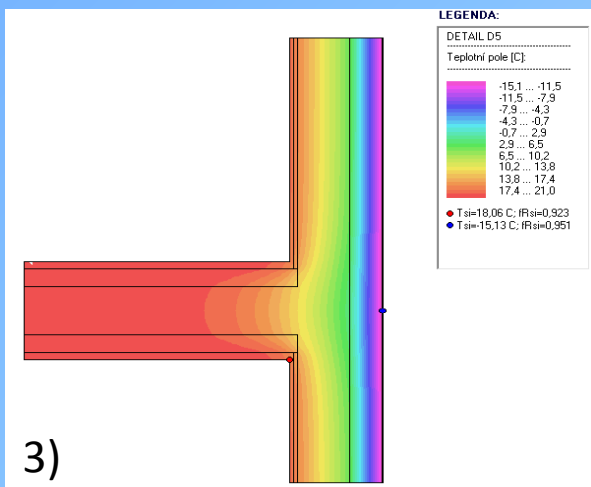
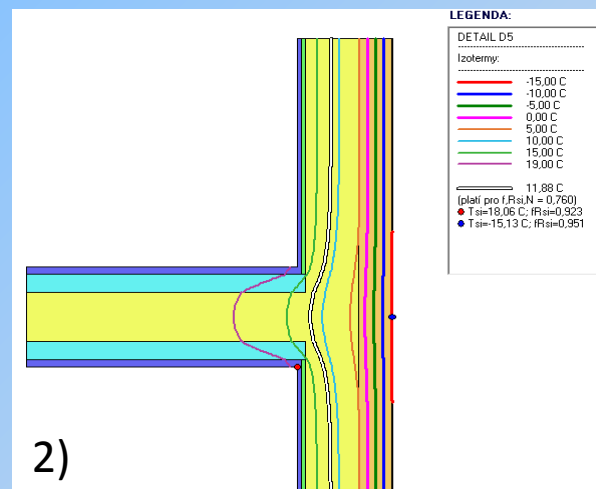
Třetí požadavek je určen pro posouzení skladeb konstrukcí při jednorozměrném vedení tepla a vodní páry - pro detaily se tedy nehodnotí.

Posouzení detailů

D5 – Napojení mezi prostorové příčky a obvodu – „T“ spoj.



- 1) detail
 - 2) izotermie a teplotní faktor
 - 3) pole teplot 2D
 - 4) tepelný tok
 - 5) relativní vlhkost
- (zdroj: vlastní)



Posouzení detailů

D5 – Napojení mezi prostorové příčky a obvodu – „T“ spoj. – vyhodnocení výsledků

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,762$

Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,923$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m².rok.

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant, např. na základě grafických výstupů programu.

Vyhodnocení 2. požadavku je ztíženo tím, že neexistuje žádná obecně uznávaná a normovaná metodika výpočtu celoroční bilance v podmínkách dvourozměrného vedení tepla a vodní páry.

Orientačně lze použít výsledky dosažené metodikou programu AREA.

Třetí požadavek je určen pro posouzení skladeb konstrukcí při jednorozměrném vedení tepla a vodní páry - pro detaily se tedy nehodnotí.

Posouzení detailů – vyhodnocení

- Posuzované detaily splňují požadavky ČSN. Při realizaci stavby objektu je splnění podmíněno správným a kvalitním provedením jednotlivých detailů.
- Za provedení odpovídá realizační firma, která bude s řešením detailů seznámena před započítáním prací na jednotlivých částech objektu.

Komplexní vyhodnocení objektu

Parametry objektu:

| | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Zastavěná plocha objektu | 636,3 m ² |
| Celková výška objektu | 9,407 m |
| Počet podlaží | 3 |
| Energeticky vztažná plocha budovy | 1272,6 m ² |
| Celkový objem budovy | 5985,7 m ³ |
| Ochlazovaná obálka budovy | 2910,5 m ² |

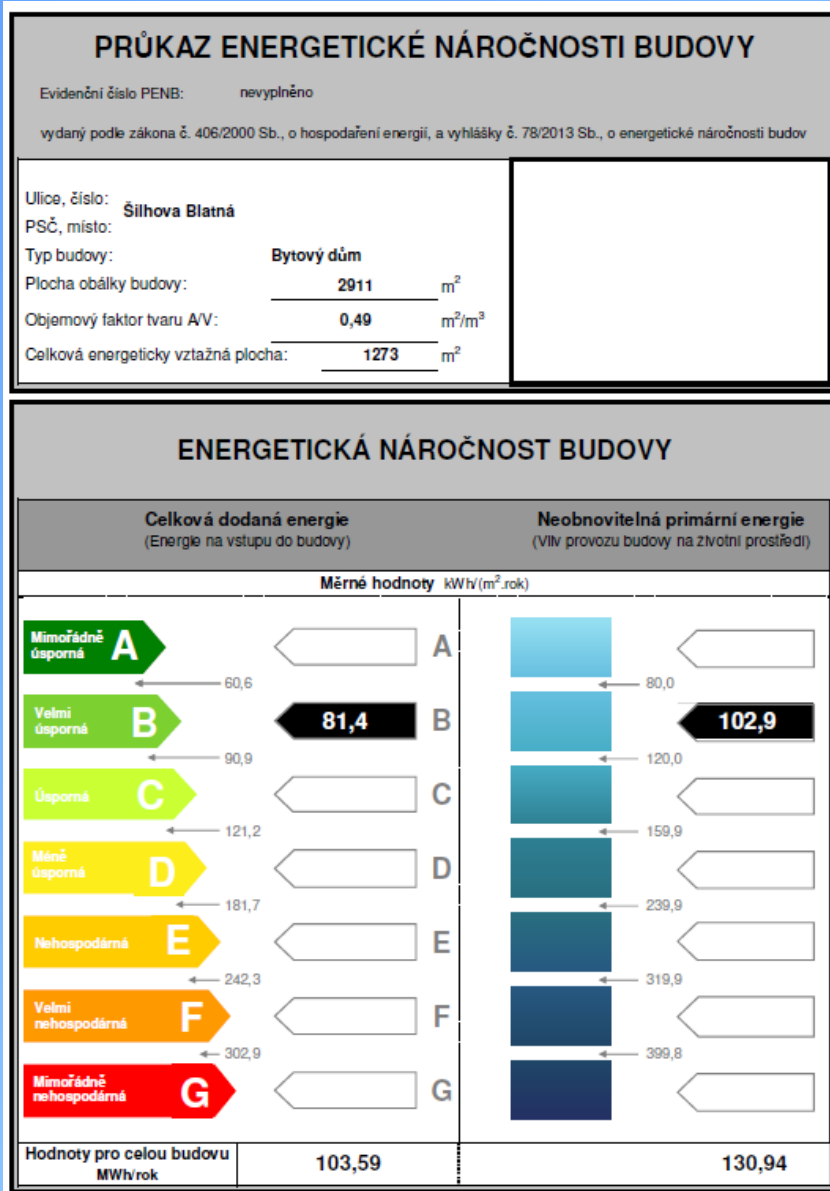
Objekt je pro potřeby výpočtu rozdělen do dvou zón, první zónu tvoří 1.Np, druhá zóna se skládá z 2.NP a 3.NP.

Tepelně technické parametry konstrukcí:

| | |
|----------------------|---|
| Obvodová stěna | $U = 0,267 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ |
| Plochá střecha | $U = 0,198 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ |
| Podlaha na terénu | $U = 0,246 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ |
| Strop mezi podlažími | $U = 0,433 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ |

Výplně otvorů tvoří okna a dveře firmy VEKRA-Window Holding a.s., konkrétně okna typu Natura 94 $U = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ a vstupní dveře jsou typ Trend $U = 0,88 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.

Komplexní vyhodnocení objektu



Posuzovaný objekt dle celkové hodnoty dodané energie 81,4 kWh/(m².rok) vychází jako **velmi úsporný** a je tak zařazen do třídy energetické náročnosti „**B**“.

Posuzovanou dřevostavbu lze tedy zařadit mezi nízkoenergetické stavby.

Závěr:

Navržený a posouzený polyfunkční objekt se dle výsledků posouzení jeví jako ideální řešení pro realizaci staveb tohoto typu. To, že celá stavba byla z hlediska energetických-tepelně technických vlastností vyhodnocena jako stavba velmi úsporná, je jasným dokladem toho, kterým směrem by se v budoucnosti měla bytová a občanská výstavba ubírat. CLT materiál je konstrukčně přijatelné řešení.

Posouzením bylo potvrzeno, že Polyfunkční objekt navržený ze systémových konstrukcí CLT panelů lze svými tepelně technickými vlastnostmi řadit mezi nízkoenergetické stavby.

Spotřeba energie na realizaci i následný provoz stavby je minimální a zařazení tohoto objektu z hlediska energetických potřeb do kategorie B znamená, že k získání vyššího stupně energetické nezávislosti na dodávaných energiích, je zapotřebí minimálních zásahů. Vzhledem k plánovanému provozu objektu neovlivníme náklady na spotřebu dodávané TUV, ale jsme schopni vhodnou volbou opatření snížit náklady na vytápění budovy, tj. zvětšit vrstvu tepelné izolace na obálce budovy a instalovat aktivní rekuperační jednotky apod.

Doplňující dotazy vedoucího práce:

- Co tvoří konstrukci stropní desky a jakým způsobem by se tato stropní deska počítala ?

Doplňující dotazy oponenta:

- Vyhoví navržená příčka a dělicí stěna požadavkům z hlediska vzduchové neprůzvučnosti?

Děkuji za pozornost.