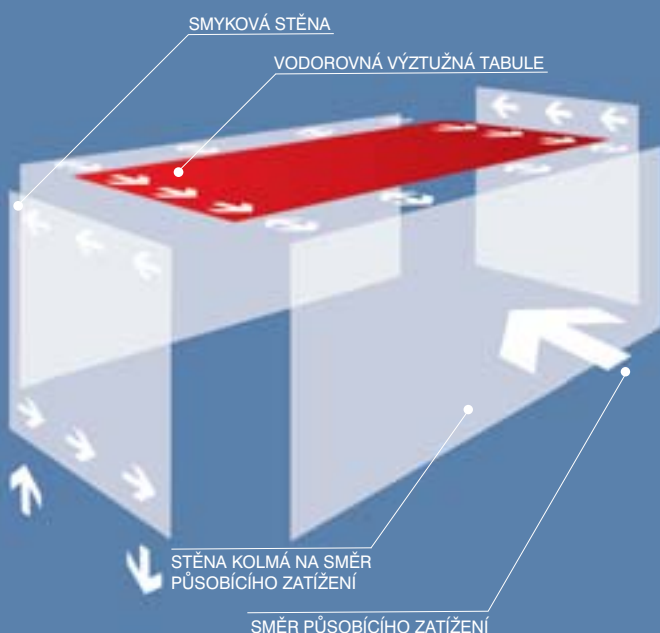


# PROSTOROVÁ TUHOST DŘEVOSTAVEB DEKHOME D

SOUČÁSTÍ STATICKÉHO NÁVRHU DŘEVOSTAVBY JE I POSOUZENÍ PROSTOROVÉ TUHOSTI OBJEKTU. PROSTOROVOU TUHOST LZE CHÁPAT JAKO ODOLNOST SYSTÉMU NOSNÝCH KONSTRUKCÍ PROTI PŮSOBNÍ VODOROVNÝCH ÚČINKŮ ZATÍŽENÍ OD VĚTRU, SEIZMICITY APOD. PROSTOROVĚ TUHÁ JE TAKOVÁ KONSTRUKCE, KTERÁ NEVYKAZUJE PŘI PŮSOBNÍ VODOROVNÉHO ZATÍŽENÍ NADMĚRNÉ DEFORMACE.



Obr. 01 | Princip vzájemného chování vodorovné výztužné tabule a ztužujících stěn

## SPECIFIKA DŘEVOSTAVEB S RÁMOVOU KONSTRUKCÍ STĚN PŘI POSUZOVÁNÍ PROSTOROVÉ TUHOSTI

Dřevostavby s rámovou konstrukcí stěn se ve vztahu k prostorové tuhosti a stabilitě odlišují od staveb zděných a betonových. Specifika dřevostaveb s rámovou konstrukcí stěn lze v tomto ohledu shrnout do dvou základních bodů:

- Dřevostavby jsou obecně ve srovnání se zděnými nebo betonovými stavbami podstatně lehčí (až 8×) a vodorovné zatížení od větru má na tuhost a stabilitu budovy podstatně větší vliv.
- Vzhledem k nízké hmotnosti konstrukce se mohou účinky vodorovného zatížení projevovat vznikem tahových sil ve svislých prvcích. Tyto síly je třeba bezpečně přenést do základů kotvami. U vícepodlažních budov je nutné kotvit i jednotlivá podlaží mezi sebou.

Jednotlivé dřevěné prvky rámu stěny jsou spojovány hřebíky. Hřebíkové spoje v tomto případě nepřenášejí ohybový moment. Dřevěná konstrukce stěn a stropů musí být proto vždy doplněna ztužujícími prvky.

## ZPŮSOBY ZTUŽENÍ RÁMOVÝCH KONSTRUKCÍ – HISTORIE A SOUČASNOST

V původní americké variantě staveb s rámovou konstrukcí stěn Balloon Frame System se vyskytují příčné rozpěry umístěné mezi jednotlivými sloupky. Rozpěry byly postupně nahrazeny diagonálními vzpěrami v rozích dlouhých stěn. Tento způsob se v některých oblastech stále používá, nejčastěji při provedení opláštění z vodorovných nebo svislých prken s nízkou smykovou tuhostí. V dnes převládající variantě rámové konstrukce stěn Platform Frame System se již diagonální prvky nevyskytují a smyková tuhost stěn se zajišťuje konstrukčním opláštěním. Stejně je tomu i u domů DEKHOME D, kde je tuhost stropní tabule zajištěna záklopem z desek OSB a tuhost stěn konstrukčním opláštěním sádrovláknitými deskami DEKCELL.

## ZPŮSOBY ZAJIŠTĚNÍ PROSTOROVÉ TUHOSTI

Prostorovou tuhost objektu je možné zajistit dvěma způsoby. Nejčastější způsobem zajištění prostorové tuhosti a stability budovy je vhodné uspořádání ztužujících stěn v kombinaci s vodorovnou výztužnou stropní nebo střešní tabulí. Vodorovná výztužná tabule přenáší veškerá vodorovná zatížení do ztužujících stěn. Pro zajištění prostorové tuhosti a stability objektu jsou nutné nejméně tři ztužující stěny, které však nesmí být rovnoběžné a nesmí se protínat v jednom místě. Stropní (střešní) výztužná tabule se posuzuje jako prostě podepřený vysoký nosník.

V případě, že stropní tabuli nelze navrhnout a posuzovat jako tuhou konstrukci, je nutné zajistit tuhost objektu výhradně uspořádáním ztužujících stěn. Stěny musejí být nejméně čtyři, stropní (střešní) tabule se posuzuje jako spojitě podepřený vysoký nosník.

V případě, že se kombinuje vodorovná výztužná tabule a ztužující stěny, se dle obr. /01/ ve výpočtu uvažují následující předpoklady:

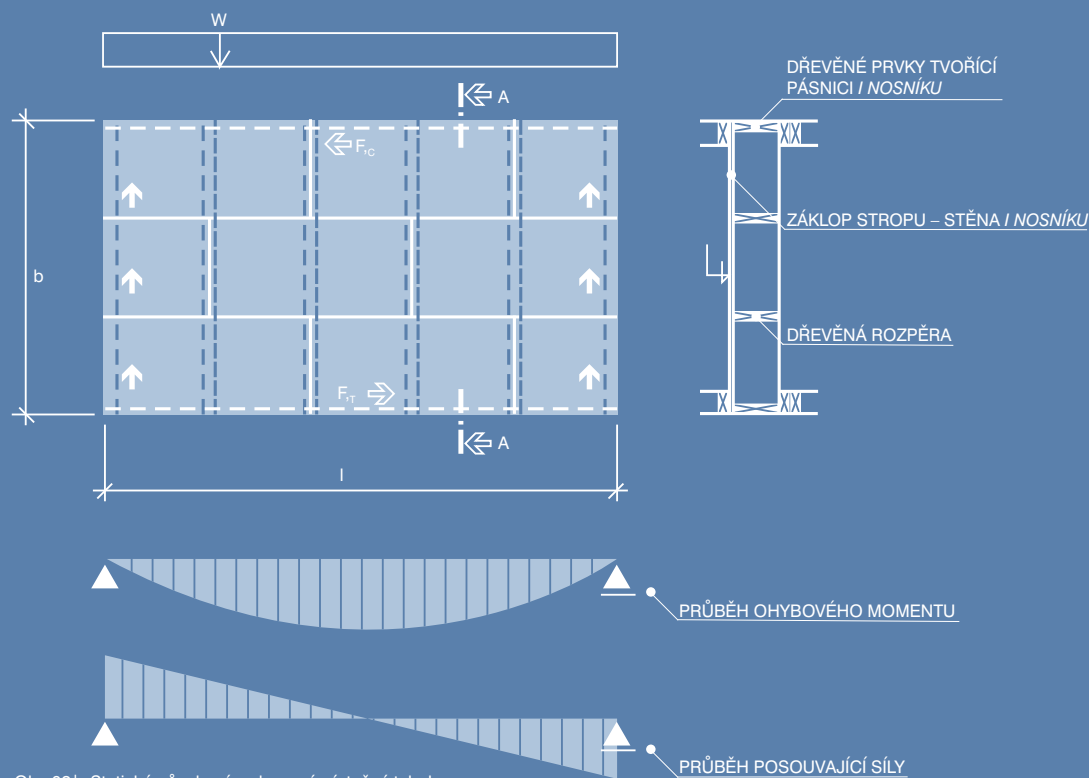
- Stěny kolmé na směr působícího zatížení působí jako prostě podepřené mezi základem a vodorovnou výztužnou tabulí.
- Polovina celkového zatížení větrem působícího na stěnu kolmou na směr působícího zatížení se přenáší do vodorovné výztužné tabule.
- Vodorovná výztužná tabule působí jako vysoký nosník podepřený smykovými stěnami.
- Smykové stěny přenášejí síly vlastní smykovou tuhostí do základu.

## VODOROVNÁ VÝZTUŽNÁ TABULE

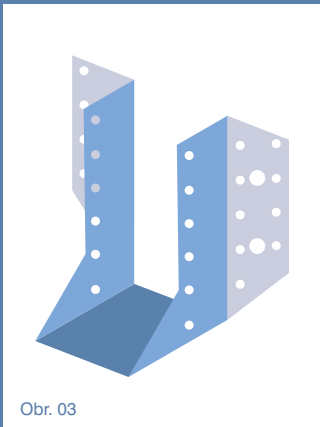
Pro posouzení vodorovné výztužné tabule lze použít zjednodušenou analýzu uvedenou v ČSN EN 1995-1-1 [6], pokud je splněno několik požadavků:

- Základ musí být proveden z deskového materiálu, všechny okraje desek musí být nad podporami a musí k nim být připevněny. U domů DEKHOMED se základ ke stropním nosníkům a rozpěrám připevňuje hřebíky (konstrukce stropu viz DEKTIME 07/2007).
- Poměr delší strany stropní tabule ku kratší musí být nejvýše 6:1.
- V případě stropní tabule s poměrem stran větším než 2:1 se desky záklopu musejí orientovat svou podélnou stranou rovnoběžně s delší stranou stropní tabule.
- Čela stropní tabule přenášejí posouvající síly do nosných ztužujících stěn, to musí být zajištěno náležitým připojením stropní tabule do věnce nižšího podlaží.

Při splnění výše uvedených požadavků lze vodorovnou výztužnou tabuli posuzovat jako vysoký nosník. Pásnici i nosníku /obr. 02/ tvoří vodorovné rámové hranolky horní i dolní přiléhající



Obr. 02 | Statické působení vodorovné výztužné tabule



Obr. 03

stěny a podélně uložený stropní nosník nebo rozpěry. Stojinu *I nosníku* tvoří záklop z desek OSB. Schéma statického působení vodorovné výztužné tabule je znázorněno na obrázku /02/.

Při posuzování *I nosníku* se vychází z toho, že celý ohybový moment je přenášen pásnicemi. Dřevěné prvky tvořící pásnici se navrhují na tahovou nebo tlakovou sílu:  
 $F_{t,d} = F_{c,d} = M_{max,d} / b$   
kde  $M_{max,d}$  je návrhová hodnota největšího ohybového momentu;  
**b** je výška výztužného pole.

Smykový tok  $q_{t,d}$  mezi stěnou nosníku a pásnicí se vypočítá ze vztahu:

$q_{t,d} = F_{v,d} / b_c$   
kde  $F_{v,d}$  je návrhová hodnota největší posouvající síly;  
**b<sub>c</sub>** je těžišťová vzdálenost pásnic.

Stěna *I nosníku* se navrhuje na smykový tok:  
 $v_d = F_{v,d} / b$

Rozteč spojovacích prostředků, kterými se připojují desky záklopu

ke stropním nosníkům a rozpěrám, se určuje ze vztahu:

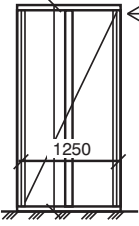
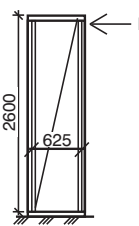
$s = R_d / v_d$   
kde  $R_d$  je návrhová hodnota únosnosti jednoho spojovacího prostředku;  
**v<sub>d</sub>** je smykový tok.

Pokud mají dřevěné prvky tvořící pásnici *I nosníku* zároveň funkci překladu nebo průvlaku, musí být navrženy na kombinaci tlaku a ohybu, resp. tahu a ohybu. V případě velkých otvorů ve vodorovné výztužné tabuli (např. prostup pro schodiště) je nutno zajistit spolehlivé přenesení sil v oblasti otvoru. Tlakové a tahové síly mohou být přeneseny pomocí výměn. Pro přenos posouvajících sil je nutné desky záklopu připevnit i k výměnám na okraji otvoru.

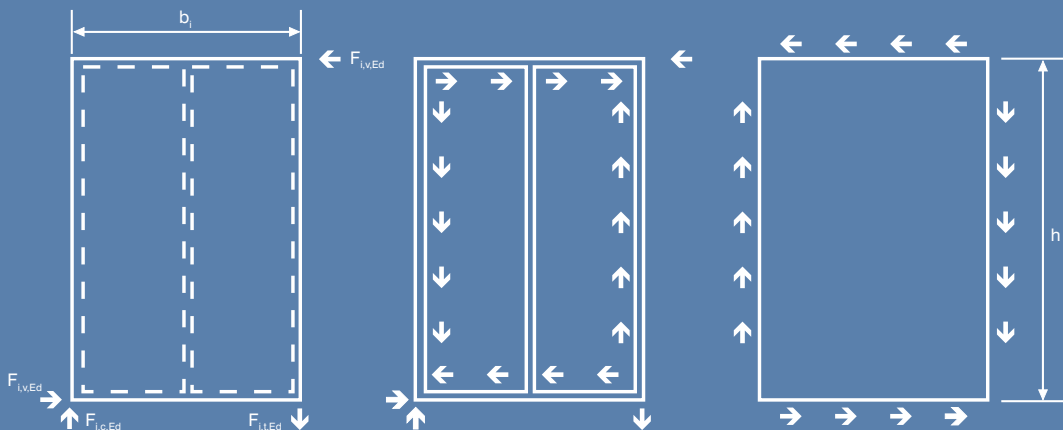
## ZTUŽUJÍCÍ STĚNY

U domů DEKHOME D lze přisoudit ztužující funkci obvodovým nebo vnitřním nosným stěnám, které obsahují alespoň jedno ztužující pole. Ztužující pole je definováno následujícími požadavky:

Tabulka 01 | Výztužná únosnost  $F_{v,d}$  [kN] (dovolené namáhání) ztužujícího pole s oboustranným opláštěním deskami DEKCELL, staveništní realizace.

| Popis panelu a zatěžovací schéma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sponky 45–65 mm            |                            |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Rozteč                     |                            |                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 50 mm <sup>1) 3)</sup>     | 100 mm <sup>1) 3)</sup>    | 150 mm <sup>1) 3)</sup>    |
|  <p>ztužující pole<br/>DEKCELL<br/>délky 1250 mm</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 7,92 [kN] <sup>2) 4)</sup> | 5,68 [kN] <sup>2) 4)</sup> | 3,44 [kN] <sup>2) 4)</sup> |
|  <p>ztužující pole<br/>DEKCELL<br/>délky 625 mm</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3,68 [kN] <sup>2) 4)</sup> | 2,72 [kN] <sup>2) 4)</sup> | 1,76 [kN] <sup>2) 4)</sup> |
| <p>Poznámky:</p> <p><sup>1)</sup> U panelu šířky 1250 mm je vzdálenost sponek na středním sloupku 150 mm.</p> <p><sup>2)</sup> Výztužná únosnost panelu je stanovena na základě zkoušek panelů o rozměrech 625×2600 a 1250×2600. Platí pro staveništní realizaci opláštění panelu.</p> <p><sup>3)</sup> Meziřádkové hodnoty lze lineárně interpolovat.</p> <p><sup>4)</sup> Při použití sponek o délce <math>l \geq 65</math> mm lze hodnotu únosnosti <math>F_{v,d}</math> zvětšit o 5 %</p> |                            |                            |                            |

Obr. 03 | Třímen pro připojení stropnice k výměně



Obr. 04 | Síly působící na: a) panel stěny; b) rám; c) plášť

- Opláštění stěnového rámu deskami DEKCELL musí být provedeno z obou stran.
- Desky DEKCELL musí být k dřevěnému rámu upevněny sponkami s pravidelnou roztečí po okraji desky dle tabulky 01.
- Musí být vždy použita deska DEKCELL na celou výšku podlaží (podrobněji viz publikaci DEKHOME D – příručka pro projektanty).
- Šířka desky musí být 1250 nebo 625 mm.
- V desce DEKCELL nesmí být nadměrné množství otvorů, např. pro elektrorozvody apod.

Při splnění těchto požadavků lze hodnotu výztužné únosnosti ztužujícího pole přímo odečíst z tabulky únosností /tabulka 01/. V této tabulce jsou uvedeny různé hodnoty výztužné únosnosti ztužujících polí v závislosti na šířce ztužujícího pole, velikosti použitých sponek a na jejich rozteči.

## STANOVENÍ ÚNOSNOSTI ZTUŽUJÍCÍCH POLÍ

Hodnoty v tabulce 01 byly stanoveny výrobcem desek DEKCELL na základě průkazných zkoušek. Zkoušky se provádějí na zkušebních vzorcích odpovídajících skutečnému provedení stěny. Vzorek se zatěžuje vodorovnou silou působící v úrovni horního rámového hranolku. Výsledkem zkoušky je maximální hodnota vodorovné síly,

při které dojde k překročení mezní deformace zkušebního vzorku. Dalším způsobem, jakým lze stanovit výztužnou únosnost ztužujícího pole, je výpočet. Pro výpočet únosnosti stěnové konstrukce existuje několik výpočetních metod. V [6] jsou uvedeny dvě alternativní zjednodušené metody analýzy stěnových deskových konstrukcí. Pro Českou republiku je doporučeno používat metodu A.

## ZJEDNODUŠENÁ ANALÝZA STĚNOVÝCH DESKOVÝCH KONSTRUKCÍ – METODA A

Metoda A vychází z předpokladu rovnoměrného smykového toku. Ve srovnání s jinými výpočetními postupy se metoda A jeví jako nejpřesnější, protože jako jediná zohledňuje únosnost spojovacích prostředků, kterými je opláštění připojeno k dřevěnému rámu. Metodu A lze použít pouze pro stěnové deskové konstrukce, které jsou k podkladu kotveny tahovými kotvami. Tahová kotva má být přímo spojená s konstrukcí, na které stěna spočívá. Návrhová únosnost  $F_{v,Rd}$  (návrhová výztužná únosnost) při síle  $F_{v,Ed}$  působící při horním okraji vetknutého panelu, zajištěného proti nadzdvihnutí, se určuje s použitím metody A za předpokladu, že:

- rozteč spojovacích prostředků je konstantní po obvodě všech desek opláštění v rámci jedné stěny,

- šířka každé desky opláštění je nejméně  $h/4$  ( $h$  viz obrázek /04/).

Pro stěnu složenou z několika ztužujících polí se má návrhová výztužná únosnost stěny vypočítat takto:

$$F_{v,Rd} = \sum F_{i,v,Rd}$$

kde  $F_{v,Rd}$  návrhová výztužná únosnost stěnového panelu.

Tato návrhová výztužná únosnost se má vypočítat takto:

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{t,Rd} \times b_i \times c_i}{s}$$

kde  $F_{t,Rd}$  je příčná návrhová únosnost jednoho spojovacího prostředku;  
 $b_i$  je šířka panelu stěny;  
 $s$  je rozteč spojovacích prostředků.

$$c_i = \begin{cases} 1 & \text{pro } b_i \geq b_0 \\ \frac{b_i}{b_0} & \text{pro } b_i < b_0 \end{cases}$$

kde  $b_0 = h/2$ ;  
 $h$  je výška stěny.

Výše popsaná výpočetní metoda předpokládá dokonalé přikotvení sloupků stěny k podkladu a tudíž plné vetknutí ztužujícího pole. Toho však v praxi nelze docílit. Pro stanovení skutečné hodnoty výztužné únosnosti ztužujícího pole je třeba vypočtenou hodnotu redukovat součinitelem vystihujícím způsob kotvení sloupků stěny k podkladu. Při posuzování prostorové tuhosti je tedy nejjednodušší použít hodnoty z tabulky únosností /tabulka 01/.



Obr. 05

## PŘÍKLAD POSOUZENÍ TUHOSTI OBJEKTU

Na následujícím příkladu bude uveden zjednodušený postup posouzení prostorové tuhosti dřevěné konstrukční varianty rodinného domu DEKHOME 01 z katalogu [5] s využitím tabulky výztužné únosnosti ztužujících polí /tabulka 01/.

## POPIS OBJEKTU

Jedná se o dvoupodlažní rodinný dům /obr. 05/ s obytným podkrovím. V přízemí objektu se nachází velký obytný prostor s minimem vnitřních stěn /obr. 06/. Tato skutečnost může mít zásadní vliv na tuhost objektu v příčném směru.

## VÝPOČET ZATÍŽENÍ VĚTREM

Celkové zatížení větrem působící na jednotlivé plochy objektu se nahradí osamělou silou  $F_{w,d}$ . Velikost této síly je rovna součinu plošného zatížení větrem (tlak + sání) a plochy,

na kterou toto zatížení působí. Při výpočtu náhradní síly  $F_{w,d}$  lze uvažovat, že polovina zatížení větrem působícího na obvodové stěny 1. nadzemního podlaží se přenese přímo do základů. V řešeném příkladu byly uvažovány následující parametry zatížení větrem:

větrová oblast: II.  
kategorie terénu: 3.  
Na základě těchto parametrů a výšky budovy byl stanoven charakteristický maximální dynamický tlak:  
 $q_p = 0,641 \text{ kN/m}^2$

a dále spočteny hodnoty náhradní síly  $F_{w,d}$  pro podélný a příčný směr působení větru:

$$F_{w,d,pod} = 34,56 \text{ kN}$$

$$F_{w,d,příč} = 73,61 \text{ kN}$$

## ÚNOSNOST ZTUŽUJÍCÍCH POLÍ

V objektu DEKHOME 01 je v 1. NP umístěn následující počet ztužujících polí:

podélný směr:  
12 polí š. 1250 mm  
4 pole š. 625 mm  
příčný směr:  
10 polí š. 1250 mm  
4 pole š. 625 mm

Únosnost ztužujícího pole byla stanovena dle tabulky /01/ pro rozteč sponek 50 mm následovně:  
pole šířky 625 mm  
 $F_{v,d} = 3,68 \text{ kN}$   
pole šířky 1250 mm  
 $F_{v,d} = 7,92 \text{ kN}$

## POSOUZENÍ ZTUŽENÍ OBJEKTU

Podélný směr:  
 $\Sigma F_{v,d} = 12 \times 7,92 + 4 \times 3,68 = 109,76 \text{ kN} > F_{w,d,pod} = 34,56 \text{ kN}$  – vyhovuje  
Příčný směr:  
 $\Sigma F_{v,d} = 10 \times 7,92 + 4 \times 3,68 = 93,92 \text{ kN} > F_{w,d,příč} = 73,61 \text{ kN}$  – vyhovuje

Vodorovná únosnost stěn v 1. NP je dostatečná pro zajištění prostorové tuhosti objektu.

V 2. NP se provedením záklopu na horní hraně krokví vytvoří tuhá střešní konstrukce, a tím se zajistí dostatečná tuhost stěn.

## ZÁVĚR

Otázku prostorové tuhosti dřevostavby je třeba řešit již ve fázi návrhu dispozičního řešení domu. Účinným nástrojem jak zajistit dostatečnou prostorovou tuhost je navrhnout do půdorysu domu potřebné množství ztužujících polí. Posouzení dostatečného ztužení objektu spočívá ve stanovení celkové vodorovné únosnosti ztužujících stěn a v porovnání této únosnosti s vodorovným zatížením. Při výpočtu je možné použít tabulku výztužných únosností ztužujících polí.

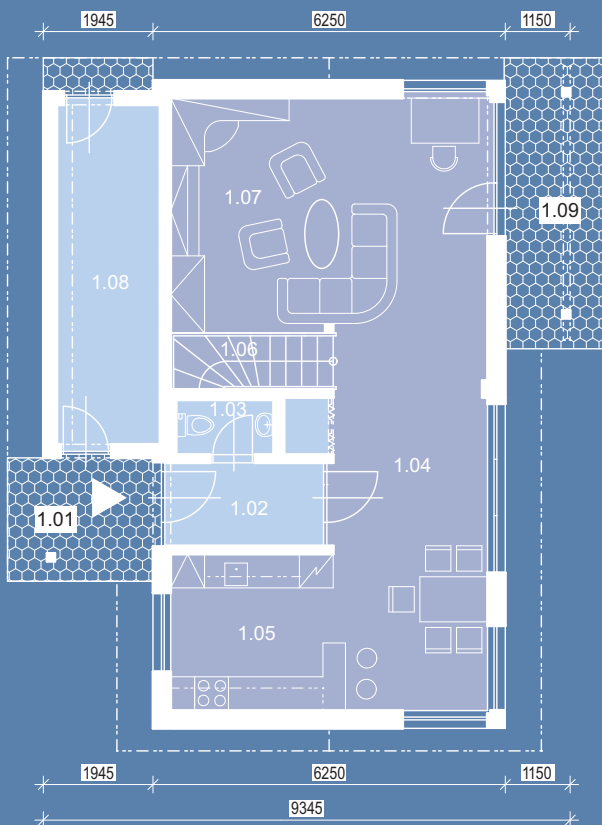
< Jiří Skřipský >

### literatura:

- [1] Bílek Vladimír, Dřevostavby Navrhování dřevěných vícepodlažních budov, Praha 2005
- [2] Skřipský Jiří, DiS., Domy s dřevěným rámem, Diplomová práce, Praha 2008
- [3] kolektiv, DEKHOME D – příručka pro projektanty, Praha 2008
- [4] projektová dokumentace rodinného domu DEKHOME 01
- [5] RODINNÉ DOMY – katalog 47 moderních rodinných domů DEKHOME

### normy:

- [6] ČSN EN 1995-1-1:2006 (ČSN 73 1701) Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [7] STN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy



Obr. 06