

D.1.2.11. Statický výpočet

Projekt : ZŠ Kladenská 494, Přelouč – Půdní vestavba

Část : D.1.2 - Stavebně konstrukční řešení

Objednatel : Město Přelouč, Československé Armády 1665, Přelouč

Místo : Přelouč, Kladenská 494

Stupeň projektu : DSJ

Hlavní projektant : Ing. Vítězslav Vomočil

Zpracoval :



Ing. Václav Zima

Ing. Jitka Krejčíková

Sdružení statiků

Masarykovo nám. 1544

530 02 Pardubice

tel. 466 510 146

e-mail : statici@centrum.cz

Datum : srpen 2019

Počet listů : 68 A4

Číslo vyhotovení :

Statický výpočet

Obsah :

| | |
|--|---------|
| 1./ Úvod..... | 1 |
| 1.a. / Použité normy, programy..... | 1 |
| 1.b. / Dostupné podklady..... | 2 |
| 1.c. / Popis nosné konstrukce stávajícího objektu..... | 3 |
| 2./ Popis navržené konstrukce..... | 3-6, 6a |
| 3./ Statický výpočet | |
| 3.a./ Předběžný návrh dřevoštěpkových desek..... | 7 - 11 |
| 3.b./ Návrh dřevěných I-nosníků..... | 11 – 21 |
| 3.c./ Návrh a posouzení desky OSB/4..... | 22 - 24 |
| 3.d./ Návrh a posouzení dřevěných nosníků v místě WC-invalidé, v místě příček..... | 25 - 30 |
| 3.e./ Posouzení kmitání stropní konstrukce podle čl. 7.3. ČSN EN 1995-1-1.... | 31 - 32 |
| 3.f./ Návrh ocelových výměn pod stropní konstrukci..... | 33 - 44 |
| 3.g./ Návrh stropu na úrovni +8,75 m..... | 45 - 50 |
| 3.f./ Konstrukce krovu – posouzení plné vazby..... | 51 - 56 |
| 3.g./ Návrh spojení stávající a nové části vazného trámu..... | 57 - 61 |
| 3.h./ Posouzení dalších prvků stávajícího krovu..... | 62 – 67 |

Celkem 68 stran

1./ Úvod

Předmětem této části projektové dokumentace je návrh nosné konstrukce půdní vestavby stávajícího objektu základní školy.

Jedná se o návrh nosné stropní konstrukce a o úpravy konstrukce stávajícího krovu.

1.a./ Použité normy, výpočetní programy

Byly použity následující normy :

ČSN EN 1990 / r. 2004 Eurokód : Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1 / r.2004 Eurokód 1 : Zatížení konstrukcí – Část 1-1 : Obecná

zatížení-Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-4 / r.2004 Eurokód 1 : Zatížení konstrukcí –

Část 1-4 : Obecná zatížení-Zatížení větrem

ČSN EN 1991-1-3 / r.2004 Eurokód 1 : Zatížení konstrukcí –

Část 1-3 : Obecná zatížení - Zatížení sněhem

ČSN EN 206 / r. 2014 Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN EN 1993-1-1/r.2006 Eurokód 3 : Navrhování ocelových konstrukcí

Část 1-1 : Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1995-1-1 / r.2006 Eurokód 5 : Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1 :

Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN ISO 13822 / r. 2014 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících
konstrukcí

ČSN 73 0038 / r. 2014 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující
ustanovení

Při návrhu konstrukcí byl použit výpočetní program ESA Engineer 2018 firmy
Nemetchek SCIA.

1.b./ Dostupné podklady

K dispozici byly rozpracované výkresy stavební části, dále bylo provedeno několik
prohlídek stavby v červnu a červenci 2019.

Základním podkladem byla zpráva „Posouzení dřevěných konstrukcí z hlediska jejich
napadení dřevokaznými houbami a hmyzem“, kterou zpracoval Ing. Rohlíček v červnu
2019.

Podle této zprávy byl proveden stavební průzkum stropní trámové konstrukce nad 2.
n.p. (pod půdním prostorem), průzkum konstrukce krovu nebyl proveden.

Dalším podkladem byla tabulka hodnot tuhosti v ohybu, maximálních charakteristických
hodnot momentů a posouvající síly dřevěných nosníků tvaru „I“, kterou zpracoval Ing.
Hončík (3.2018).

Po dohodě s hlavním projektantem byla stanovena kategorie ploch půdní vestavby
z hlediska užitných zatížení podle ČSN EN 1991-1-1. Jedná se o plochy kategorie C1 :
plochy se stoly ve školách. Podle článku NA.2.4 je charakteristické rovnoměrné zatížení
ploch $q_k = 3,0 \text{ kN} / \text{m}^2$, alternativně je nutné uvažovat charakteristickou hodnotu
soustředěné síly $Q_k = 3,0 \text{ kN}$.

Podle ČSN EN 1991-1-3 lze oblast Přelouče zařadit do I. sněhové oblasti
s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem na zemi $s_k = 0,70 \text{ kPa}$.

Zatížení větrem - oblast lze zařadit podle ČSN EN 1991-1-4 do II. větrné oblasti s hodnotou výchozí základní rychlosti větru $v_{b,0} = 25$ m/s. Byla uvažována kategorie terénu IV - město.

1.c./ Popis stávající nosné konstrukce

Jedná se o dvoupodlažní rozsáhlý objekt půdorysného tvaru písmene E o vnějších rozměrech 45 x 24 m. Budova byla postavena v roce 1908.

Svislé konstrukce jsou zděné z pálených cihel na vápennou maltu, vodorovné nosné konstrukce jsou dřevěné trámové stropy s omítaným dřevěným podhledem.

Střešní konstrukce je valbová s dřevěným krovem. Konstrukce krovu byla před 8 roky nově pokryta betonovými taškami.

Při prohlídce chodeb objektu nebyly viditelné žádné výraznější zřetelné statické poruchy objektu.

Byl proveden průzkum dřevěné stropní trámové konstrukce pod půdním prostorem, kdy bylo zjištěno, že je značně poškozený.

Po dohodě se zástupci investora bylo rozhodnuto, že v rámci provádění půdní vestavby bude stávající nosná trámová konstrukce odstraněna a na novou stropní konstrukci bude zavěšena konstrukce podhledu.

Střechu budovy tvoří sestava vzájemně se pronikajících valbových střech jednotlivých křídel budovy se sedlovými vikýři. Konstrukčně je krov navržen jako vaznicová soustava se středními vaznicemi a vrcholovou vaznicí na trojitě stojaté stolici a pozednicemi na zvýšené půdní nadezdívce. Vazné trámy v plných vazbách jsou podepřeny na středních nosných stěnách. Příčná tuhost je zajištěna šikmými vzpěrami a kleštinami v plných vazbách, podélná tuhost je zajištěna dvojicemi pásků v plných vazbách.

Při prohlídkách konstrukce krovu bylo zjištěno, že před opravou střechy však do půdy nepochybně zatékalo, především v úžlabích.

2./ Popis navržené nosné konstrukce a stavebních úprav :

Poznámka :

Jedná se o rekonstrukci, kdy se skutečné rozměry můžou lišit od předpokladů návrhu. Před výrobou jednotlivých prvků (ocelové a dřevěné nosníky) je třeba ověřit skutečné délky na stavbě.

Při provádění stavebních prací je nutno postupovat velmi opatrně, pokud se bude skutečnost lišit od předpokladů návrhu nebo v případě jakýchkoli pochybností je nutné

další postup konzultovat se statikem !

Popis :

Na základě průzkumu dřevěné trámové stropní konstrukce pod půdním prostorem bylo rozhodnuto, že stávající stropní konstrukce bude odstraněna.

Při prohlídce objektu bylo zjištěno, že stávající dřevěné stropní trámy v místě plných vazeb byly kotveny do zdiva pomocí ocelových kleštín.

Při demontáži stropních trámů je třeba kleštiny ve zdivu ponechat a využít pro kotvení k novým dřevěným trámům.

V závěrech průzkumu dřevěných konstrukcí (Ing. Rohlíček) bylo konstatováno, že je nutno maximálně omezit „mokrý“ procesy. Proto byla na velké části plochy navržena nosná konstrukce z dřevěných nosníků tvaru „I“ s podlahou na úrovni +9,40 m.

Pouze v prostoru okolo vstupního schodiště bude provedena stropní konstrukce na nižší úrovni +8,75 m.

Pro obě nosné stropní konstrukce bude nutné provést železobetonový ztužující věnec. Stávající zdivo bude ubouráno, popis je uveden ve stavební části.

2.a./ Stropní konstrukce na +8,75 m :

Navržená stropní konstrukce se skládá z železobetonového věnce na úrovni +8,49 m, ocelových nosníků IPE160 v osové vzdálenosti 700 až 1450 mm, trapézového plechu TR 50/250 tloušťky 1 mm v pozitivní poloze – tloušťka trapézového plechu 1 mm je dána požadavky PBŘ.

V místě podchycovaných dřevěných sloupů budou ocelové nosníky zdvojeny. V místě dřevěných sloupů a vazných trámů je nejdříve provést podchycení sloupů podle výkresu č. D.1.2.9 a 10 a teprve potom bude osazován trapézový plech. Pro osazení trapézového plechu je nutno přivařit plech tl. 8 mm k horním pásnicím (výkres č. D.1.2.2).

Nosníky je třeba začít klást pod podchycovanými sloupky a pak pokračovat na obě strany. Horní příruby ocelových nosníků je třeba zabezpečit proti klopení např. samořeznými šrouby nebo průvarem přes podložku v každé vlně plechu. Ocelové nosníky budou kladeny na nový železobetonový věnec šířky minimálně 150 mm, výšky 150 mm. Střední zeď je třeba v místě snížené části na šířku 150 mm odbourat a provést nový věnec.

Železobetonová deska tloušťky 100 mm je vyztužena spodní výztuží ve vlnách ØR10, při horním povrchu je navržena svařovaná síť KARI 6/100-6/100.

Na stropní desce je navrženo železobetonové schodiště.

Beton konstrukcí je C25/30-XC1, výztuž je B500B.

2.b./ Stropní konstrukce na +9,40 m :

V první etapě je třeba osadit do kapes ocelové nosníky pro podepření stropních nosníků. Kapsy vedle vazných trámů je třeba provádět opatrně, aby nedošlo k poškození podpor vazných trámů. V místě uložení ocelových nosníků bude provedeno podbetonování s vloženou svařovanou sítí KARI 6/100-6/100. Horní hrana ocelových nosníků je na stejné úrovni jako horní hrana železobetonového věnce ... +8,885 m. Nosníky IPE240-dl.6450 (poz. 4 na výkresu č. D.1.2.2) budou použity pro provizorní podepření opravovaného vazného trámu. Podle toho je třeba upravit postup provádění – nejdříve je nutno osadit výměnu z dvou nosníků IPE200, provést podle výkresu č. D.1.2.9 podchycení dřevěného sloupu s vyříznutím částí vazného trámu a následně může být provedena výměna zhlaví vazného trámu s využitím nosníků IPE240 jako provizorního podchycení vazného trámu.

Teprve potom může být dokončeno osazení ocelových nosníků.

Po osazení ocelových nosníků, provedení výměny vazného trámu a vybourání části zdiva (viz stavební část) lze provést železobetonový věnec. Je navržen věnec výšky 160 mm, v obvodových stěnách bude proveden v ozubu zdiva, ve středních stěnách na celou šířku stěn. V případě větších rozpětí dřevěných nosníků je šířka věnce na obvodových stěnách zvětšena na 200 mm ... věnec je vyložen 50 mm před vnitřní líc stěny, důvodem je dostatečné uložení dřevěných nosníků větších rozpětí.

Železobetonový věnec na +8,885 m (horní hrana) je kotven do stávajícího zdiva pomocí lepených kotev do zdiva M12 ve vzdálenostech po 0,50 m.

Byly navrženy dřevěné nosníky tvaru „I“ výšky 400 mm, které se skládají z pásnic z rostlého dřeva o průřezu 60x100 mm třídy C24 podle ČSN EN 338 a stojiny z desek OSB/3 tloušťky 12 mm. Průřez nosníků a uvažované hodnoty při výpočtu jsou uvedeny na výkresu č. D.1.2.7.

Maximální výška nosníků byla dána 400 mm, na větší rozpětí ($L_s = 6,40$ m) je nutno nosníky osazovat po relativně malých vzdálenostech. Dřevěné nosníky je třeba osazovat v místě věnců na asfaltovou lepenku a dubové prkno (viz det.“a“-výkres č.

D.1.2.7). Mezera mezi dřevěnými nosníky a zdívkou tloušťky 10 mm musí být vyplněna polystyrénem.

Musí být zajištěna stabilita dřevěných nosníků, je navrženo průběžné zavětrování ve svislé rovině z trámů o průřezu 40x80 mm ve tvaru Ondřejových křížů ... detail „b“ – výkres č. D.1.2.7.

V místě změn výšek stropních konstrukcí je třeba podepřít dřevěné I-nosníky pomocí dřevěných trámů uložených na železobetonové desce na +8,75 m, dřevěné trámy také podpírají konzolovitě vyložený vazný trám.

Stávající ocelové kleštiny ukotvené do zdiva je třeba ukotvit k dřevěným I-nosníkům ... bude upřesněno na stavbě podle skutečného stavu.

Všechny dřevěné konstrukce musí být opatřeny postřiky (nátěry) proti dřevokazným houbám a škůdcům.

Na dřevěných trámech budou uchyceny dřevoštěpkové desky – nutno použít desky OSB/4 tloušťky 25 mm – typ Superfinish Bau Eco (Z-9.1-627). Desky musí být osazeny v nosném směru (kolmo na dřevěné nosníky) ve směru hlavní osy s vyšší hodnotou modulu pružnosti $E = 9500 \text{ MPa}$.

2.c./ Úpravy konstrukce krovu :

Jak již bylo uvedeno, do konstrukce krovu zatékalo, především v úžlabích. Při zahájení stavebních prací po provedení lešení je nutné provést stavebně-technický průzkum dřevěných konstrukcí krovu s tím, že poškozené části budou vyměněny !

V této fázi zpracování projektové dokumentace byla navržena výměna viditelně poškozeného zhlaví jednoho vazného trámu plné vazby.

Před vyříznutím části vazného trámu je třeba osadit provizorní podepření, které vynese obě části vazného trámu. Provizorní podepření se skládá z dvou podélných nosníků IPE240 a dvou příčných nosníků IPE120. Jejich poloha vzhledem k opravovanému vaznému trámu je vykreslena v detailu „c“ na výkresu č. D.1.2.9.

Po osazení provizorního podepření lze vyříznout poškozené zhlaví vazného trámu a osadit nové. Obě části vazného trámu budou spojeny pomocí dvou ocelových nosníků UPE240-dl. 1800 mm, které budou propojeny 16 ks svorníků M24 – třída pevnosti 8.8. Detail styku staré a nové části vazného trámu je vykreslen na výkresu č. D.1.2.10.

Při výměně zhlaví vazného trámu bude také vyříznuta stávající šikmá vzpěra a nahrazena novou stejného profilu.

Před provedení výměny zhlaví vazného trámu je nutno provést podchycení stávajícího

dřevěného sloupu o průřezu 160x160 mm se současným vyříznutím podélného vazného trámu. Je navrženo podchycení přišroubováním dvou zámečnických výrobků Z1 (profil UPE200+kotevní plechy) k pásnicím nosníků IPE200 s prošroubováním svorníkem M16.

Detaily a postupy provádění jsou uvedeny na výkresu č. D.1.2.9.

Dalšími stavebními úpravami konstrukce krovu je podchycení dřevěných sloupů s vyříznutím vazného trámu v prostorech vedle schodiště. Provizorní podepření dřevěných sloupů je navrženo z dvou ocelových nosníků UPE120-dl. 3420 kotvených do zdiva a ze svorníku M16. Způsob podchycení dřevěného sloupu je obdobný, v tomto případě bude vyříznut celý vazný trám, doplněný dřevěný sloupek a spolupůsobení bude zajištěno opět pomocí zámečnických výrobků Z2 z profilu UPE200 a kotevního plechu.

Detaily a postupy provádění jsou uvedeny na výkresu č. D.1.2.10.

Plné vazby je nutné podepřít v místě nosných stěn pomocí úpalků sloupů (viz výkres č. D.1.2.9).

Byly posouzeny základní prvky stávajícího krovu – plná vazba, krokve o profilu 120x160 mm, střední vaznice o profilu 160x180 mm s pásky – prvky vyhovují.

Ve 3 plných vazbách je nutno provést úpravy z dispozičních důvodů, dojde k doplnění sloupu o profilu 160x160 mm a kleštín o profilu 2 x 90x180 mm s tím, že dojde k vyříznutí části šikmé vzpěry o profilu 120x160 mm, která přenáší tlaky od reakcí z vaznic. Proto je nutné zajistit důkladné připojení stávajících krokví o profilu 120x160 mm k vaznicím tak, aby zajistily funkci věšadla ! Bude nutno upřesnit rozsah úprav na stavbě za přítomnosti statika !

Návrh konstrukce stropu půdní vestavby :

Stanovení kategorie ploch z hlediska užitných zatížení podle ČSN EN 1991-1-1 :

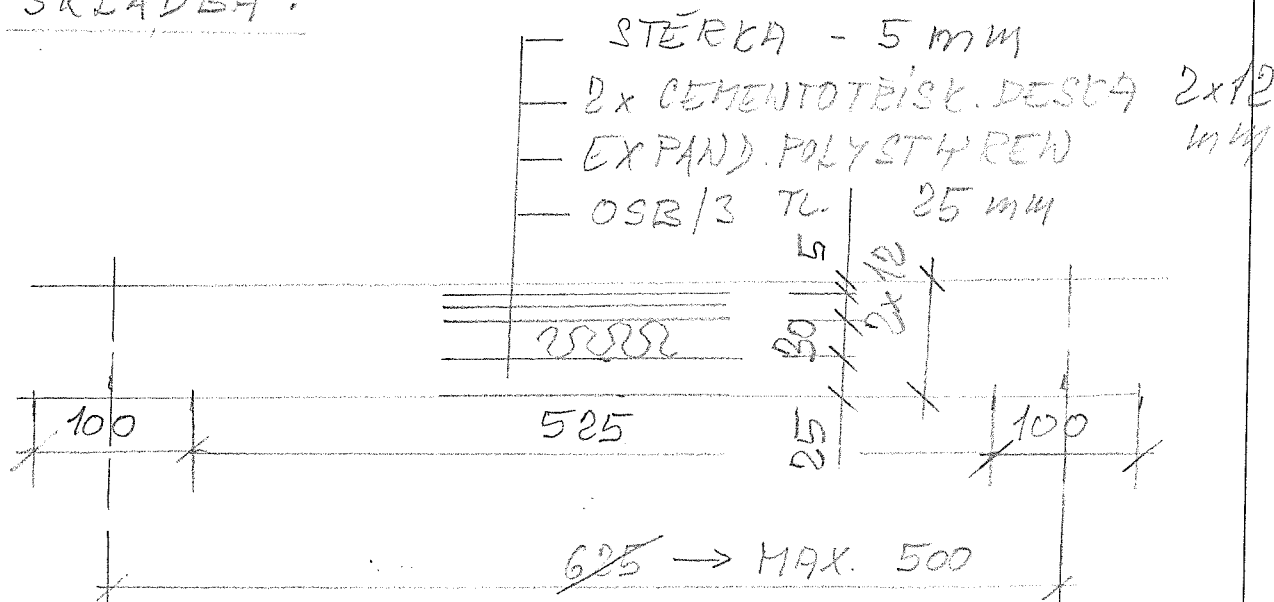
po dohodě s hlavním projektantem → jedná se o plochy kategorie C1: plochy se stoly ve školách

článek NA.2.4 ... $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$; alternativně soustředěná síla $Q_k = 3,0 \text{ kN}$ – působí na ploše $50 \times 50 \text{ mm}$.

Předpoklad ... vodorovná nosná konstrukce z dřevěných I – nosníků ve vzdálenosti 625 mm ... délka desek OSB3 je násobkem 625 mm – základní rozměr desek $2500 \times 1250 \text{ mm}$.

1.) POSOUZENÍ DESEK OSB/3 TL. 25 mm

SKLADBA :



TÍHA STROP. KONSTRUKCE :

| | | |
|--|------|-----------------|
| – STĚRKA ... $20 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,005$ | 0,10 | kN/m^2 |
| – 2 CETŘIS DESKA TL. 12 mm $13,50 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,024$ | 0,32 | $\Delta g_k =$ |
| – EXPAND. POLYSTYREŇ TL. 30 mm $0,40 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,03$ | 0,01 | $= 0,43$ |
| – DESKA OSB ... $710 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,025$ | 0,18 | |

Celková tíha stropní konstrukce $g_k = \underline{0,61} \text{ kN / m}^2$

A./ Posouzení OSB desek na užité rovnoměrné zatížení..... $q_k = \underline{3,0} \text{ kN / m}^2$

Celkem $f_k = \underline{3,61} \text{ kN / m}^2$

MSÚ :

Návrhová hodnota zatížení :

$$f_d = \max [1,35 \cdot 0,61 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 3,0 = 3,97 ; 1,15 \cdot 0,61 + 1,5 \cdot 3,0 = \underline{5,20} \text{ kN / m}^2]$$

$$M_d = (1 / 8) \cdot 5,20 \cdot 0,65^2 = \underline{0,275} \text{ kNm / m}$$

$$W = (1 / 6) \cdot 1,00 \cdot 0,025^2 = 104,17 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{Napětí } \sigma_d = M_d / W = 0,275 / 104,17 \cdot 10^{-6} = 2\,640 \text{ kPa} = \underline{2,64} \text{ MPa}$$

$$\text{Návrhová únosnost } f_d = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Desky OSB / 3 :

Třída provozu 1 (vyápěné místnosti) + střednědobé zatížení ... $k_{\text{mod}} = \underline{0,70}$

$$\gamma_M = \underline{1,20}$$

$$f_{m,k} = \underline{14,8} \text{ MPa}$$

$$f_d = 0,70 \cdot 14,8 / 1,20 = \underline{8,633} \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \underline{2,64} \text{ MPa} < f_d = \underline{8,633} \text{ MPa}$$

Průhyb :

OSB / 3 : modul pružnosti $E_{\text{mean}} = \underline{4\,930} \text{ MPa}$

$$J = (1 / 12) \cdot 1,0 \cdot 0,025^3 = \underline{1,30208} \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\text{Okamžitý průhyb } w_{\text{inst}} = (5 / 384) \cdot f_k \cdot L^4 / (E_{\text{mean}} \cdot I) =$$

$$= (5 / 384) \cdot 3,61 \cdot 0,625^4 / (4,93 \cdot 10^6 \cdot 1,30208 \cdot 10^{-6}) = 1,117 \cdot 10^{-3} \text{ m} = \underline{1,12} \text{ mm} <$$

$$w_{\text{inst,mez}} = L / 300 = 625 / 300 = \underline{2,08} \text{ mm}$$

$$\text{od stálého zatížení } w_{1,\text{inst}} = 1,12 \cdot (0,61 / 3,61) = \underline{0,19} \text{ mm}$$

$$\dot{w}_{inst} = \frac{3,3 \text{ мм}}{\text{с}} > \dot{w}_{inst, \text{mez}} = \frac{L}{300} = \frac{575}{300} = \underline{1,9 \text{ мм}}$$

S10

Katalog jediného výrobce OSB desek v ČR → výroba desek OSB / 4 Superfinish Bau Eco (Z-9.1-627)

Hodnota modulu pružnosti ve směru hlavní osy = směr podélné orientace třísek vnější vrstvy deskyE = 9 500 MPa

Směr vedlejší osy (kolmé na hlavní) ... E=2800 MPa

Zadán modul pružnosti E = 9500 MPa ; ve směru vedlejší osy zadána snížená tloušťka desky tak, aby tuhost desky E . J ve směru vedlejší osy odpovídala poměru

$$t_v^3 = (2800 / 9500) \cdot 25^3 = 4605 \rightarrow t_v = \underline{16,6} \text{ mm}$$

$$\text{poměr tuhostí směr x (vedlejší) / směr y (hlavní)} = 16,6^3 / 25^3 = 0,29 = 2800 / 9500 = 0,29$$

$$\text{max. průhyb } w_{\text{inst}} = \underline{1,92} \text{ mm} > w_{\text{inst, mez}} = L / 300 = 575 / 300 = \underline{1,91} \text{ mm}$$

změna tloušťky desky OSB / 4 → 30 mm

$$t_v^3 = (2800 / 9500) \cdot 30^3 = 7\,857,9 \rightarrow t_v = \underline{20,0} \text{ mm}$$

$$\text{max. průhyb } w_{\text{inst}} = \underline{1,16} \text{ mm} < w_{\text{inst, mez}} = L / 300 = 575 / 300 = \underline{1,91} \text{ mm}$$

[... kontrolně ... izotropní materiál ... $w_{\text{inst}} = \underline{1,02} \text{ mm}$]

MSÚ ... a./ posouzení ve směru hlavní osy desky

maximální moment ve směru hlavní osy desky ... $M_{\text{xd}} = \underline{1,51} \text{ kNm / m}$

$$W = (1 / 6) \cdot 1,00 \cdot 0,03^2 = 150,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{Napětí } \sigma_d = M_d / W = 1,51 / 150,0 \cdot 10^{-6} = 10\,067 \text{ kPa} = \underline{10,07} \text{ MPa}$$

$$\text{Návrhová únosnost } f_d = k_{\text{mod}} \cdot f_{\text{m,k}} / \gamma_M$$

Desky OSB SUPERFINISH BAU ECO (z-9.1-627), Typ OSB / 4 :

Třída provozu 1 (vyápěné místnosti) + střednědobé zatížení ... $k_{\text{mod}} = \underline{0,70}$

$$\gamma_M = \underline{1,20}$$

ve směru hlavní osy desky ... $f_{\text{m,k}} = \underline{29,0} \text{ MPa}$ (katalog)

$$f_d = 0,70 \cdot 29,0 / 1,20 = \underline{16,917} \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \underline{10,07} \text{ MPa} < f_d = \underline{16,917} \text{ MPa}$$

b./ posouzení ve směru vedlejší osy desky

maximální moment ve směru vedlejší osy desky ... $M_{xd} = 0,47 \text{ kNm / m}$

$$W = (1 / 6) \cdot 1,00 \cdot 0,03^2 = 150,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{Napětí } \sigma_d = M_d / W = 0,47 / 150,0 \cdot 10^{-6} = 3\,133 \text{ kPa} = 3,13 \text{ MPa}$$

$$\text{Návrhová únosnost } f_d = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Desky OSB SUPERFINISH BAU ECO (z-9.1-627), Typ OSB / 4 :

Třída provozu 1 (vyápěné místnosti) + střednědobé zatížení ... $k_{mod} = 0,70$

$$\gamma_M = 1,20$$

ve směru vedlejší osy desky $f_{m,k} = 13,0 \text{ MPa}$ (katalog)

$$f_d = 0,70 \cdot 13,0 / 1,20 = 7,58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = 3,13 \text{ MPa} < f_d = 7,58 \text{ MPa}$$

Deska OSB SUPERFINISH BAU ECO (Z-9.1-627), Typ OSB / 4 tloušťky 30 mm na rozpětí trámů $L = 0,625 \text{ m}$ vyhoví

Návrh dřevěných I – nosníků :

dřevěné I-nosníky a 625 mm

A. stálé zatížení

stěrka+2 x cetris desky tl. 12 mm + polystyrén tl. 30 mm

$$\dots 0,43 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,625 \text{ m} \dots\dots\dots 0,27 \text{ kN / m}$$

$$\text{desky OSB tl. 30 mm} \dots\dots\dots 7,0 \text{ kN / m}^3 \cdot 0,03 \cdot 0,625 \dots\dots\dots 0,13 \text{ kN / m}$$

$$\text{tíha dřevěného I-nosníku} \dots\dots\dots \text{cca } 0,10 \text{ kN / m}$$

+ podhled :

$$\text{izolace z minerální plsti 2 x 100 mm} \dots 0,4 \text{ kN / m}^3 \cdot 0,2 \cdot 0,625 \dots\dots\dots 0,05 \text{ kN / m}$$

$$\text{SDK ocelový rošt} \dots\dots\dots 0,16 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,625 \dots\dots\dots 0,10 \text{ kN / m}$$

$$\text{SDK deska tl. 15 mm} \dots\dots\dots 9,0 \text{ kN / m}^3 \cdot 0,015 \cdot 0,625 \dots\dots\dots 0,08 \text{ kN / m}$$

celkem stálé (bez g_0 nosníku) $g_k = 0,73 \text{ kN/m}$ B. užité zatíženíplocha kategorie C.1 ... $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,625 = 1,88 \text{ kN/m}$ celkem $f_k = 2,61 \text{ kN/m}$ návrhová hodnota $f_k = \max. [1,35 \cdot 0,73 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,88 = 2,96 \text{ kN/m}; 1,15 \cdot 0,73 + 1,5 \cdot 1,88 = 3,66 \text{ kN/m}]$

maximální světlé rozpětí

... $L_s = 6,45 \text{ m}$... teoretické rozpětí $L_t = 1,05 \cdot L_s = 1,05 \cdot 6,45 = 6,77 \text{ m}$ maximální $M_d = (1/8) \cdot 3,66 \cdot 6,77^2 = 20,97 \text{ kNm}$

katalog „Statický výpočet únosnosti stropních a střešních nosníků“

výška nosníku $H_n = 560 \text{ mm} \rightarrow$ největší charakteristická hodnota $M_k = 30,83 \text{ kNm}$ Návrhová hodnota únosnosti $M_d = M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 30,83 \cdot$ k_{mod} : třída provozu 1 + střednědobé zatížení (užité) ... rostlé dřevo $k_{mod} = 0,80$... OSB/4 $k_{mod} = 0,70$ uvažuji na straně bezpečné $k_{mod} = 0,70$: γ_M ... rostlé dřevo $\gamma_M = 1,30$; desky OSB $\gamma_M = 1,20$... uvažuji $\gamma_M = 1,30$ (větší plocha)

Návrhová hodnota únosnosti

 $M_{Rd} = M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 30,83 \cdot 0,70 / 1,30 = 16,60 \text{ kNm} < M_d = 20,97 \text{ kNm}$ I-nosníky max. výšky 560 mm a 625 mm nevyhoví na rozpětí $L_t = 6,77 \text{ m} \rightarrow$ nutno změnit **vzdálenost nosníků na 500 mm** :stálé ... $g_k = 0,10 + 0,63 \cdot (0,5 / 0,625) = 0,604 \text{ kN/m}$ proměnné ... $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,50 = 1,50 \text{ kN/m}$ návrhová hodnota $f_d = \max. [1,35 \cdot 0,604 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,50 = 2,39 \text{ kN/m}; 1,15 \cdot 0,604 + 1,5 \cdot 1,50 = 2,94 \text{ kN/m}]$ maximální $M_d = (1/8) \cdot 2,94 \cdot 6,77^2 = 16,84 \text{ kNm} > M_{Rd} = 16,60 \text{ kNm}$

průhyb :

$$E \cdot I_{y, \text{mean}} = 8,21 \cdot 10^{12} \text{ N mm}^2$$

$$W_{\text{inst}} = (5 / 384) \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_{y, \text{mean}}) = (5 / 384) \cdot (2,104 \cdot 6770^4) / (8,21 \cdot 10^{12}) = 7,0 \text{ mm} < W_{\text{inst, mez}} = L / 400 = 6770 / 400 = 16,9 \text{ mm}$$

Požadavek hlavního projektanta – omezení výšky alespoň na 400 mm

žlb. věnec šířky 200 mm ... světlé rozpětí $L_s = 6,40 \text{ m} \rightarrow L_t = 1,05 \cdot L_s = 1,05 \cdot 6,40 = 6,72 \text{ m}$

dvojice nosníků $h=400 \text{ mm}$ po $500 \text{ mm} \rightarrow$ nosníky a 250 mm

zatížení na 1 nosník a 250 mm :

stálé

stěrka+2 x cetris deska tl. 12 mm + polystyrén ... $0,43 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,25 \dots\dots 0,11 \text{ kN} / \text{m}$

desky OSB/4 tl. 25 mm ... $7,0 \cdot 0,025 = 0,18 \text{ kN} / \text{m}^2 \dots \cdot 0,25 \text{ m} \dots\dots 0,05 \text{ kN} / \text{m}$

vl. tíha I-nosníku

$$\dots 6,0 \text{ kN} / \text{m}^3 \cdot 0,1 \cdot 0,06 \cdot 2 + 7,0 \text{ kN} / \text{m}^3 \cdot 0,012 \cdot 0,33 =$$

$$= 0,072 + 0,028 \dots\dots\dots 0,10 \text{ kN} / \text{m}$$

podhled

tep. izolace tl. 200 mm ... $0,4 \text{ kN} / \text{m}^3 \cdot 0,20 = 0,08 \text{ kN} / \text{m}^2 \dots \cdot 0,25 \dots\dots 0,02 \text{ kN} / \text{m}$

SDK ocelový rošt... $0,16 \text{ kN} / \text{m}^3 \cdot 0,25 \text{ m} \dots\dots 0,04 \text{ kN} / \text{m}$

SDK deska tl. 15 mm ... $9,0 \text{ kN} / \text{m}^3 \cdot 0,015 = 0,14 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,25 \dots\dots 0,04 \text{ kN} / \text{m}$

zavěšená světla – zářivky...cca 0,05 kN / m

celkem stálé / 1 nosník $g_{k1} = 0,41 \text{ kN} / \text{m}$

+ tíha SDK příčky tloušťky 155 mm , výšky $2,0 \text{ m}$... na 2 nosníky

tíha příčky :

4 x SDK deska tl. $12,5 \text{ mm}$... $9,0 \text{ kN} / \text{m}^3 \cdot 0,05 = 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2$

nosný rošt ...odhad... $0,15 \text{ kN} / \text{m}^2$

tepelná izolace tl. 100 mm ... $0,4 \text{ kN} / \text{m}^3 \cdot 0,10 \dots 0,04$

celkem $g_k = 0,64 \text{ kN} / \text{m}^2$

výška 2,0 m na 1 nosník $g_{k,p} = 0,64 \text{ kN / m}$

stálé s tíhou příčky na 1 nosník $g_k = 1,05 \text{ kN / m}$

stálé zatížení / m^2 bez tíhy l-nosníků a příček

$$g_k = 0,43 + 0,18 + 0,08 + 0,16 + 0,14 + 0,05 = 1,04 \text{ kN / m}^2$$

proměnné $q_k = 3,0 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,25 = 0,75 \text{ kN / m}$

$$\Delta M_{k,p} = (1 / 8) \cdot 0,75 \cdot 6,72^2 = 4,23 \text{ kNm}$$

alternativně na 1 nosník $Q_k = 3,0 / 2 = 1,5 \text{ kN}$

$$\Delta M_{k,p} = (1 / 4) \cdot 1,50 \cdot 6,72 = 2,52 \text{ kNm} \rightarrow \text{vyšší účinky rovnoměrné zatížení}$$

celkem $f_k = 1,05 + 0,75 = 1,80 \text{ kN / m}$

návrhová hodnota $f_d = \max. [1,35 \cdot 1,05 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,75 = 2,21 \text{ kN / m} ; 1,15 \cdot 1,05 + 1,5 \cdot 0,75 = 2,33 \text{ kN / m}]$

maximální $M_d = (1 / 8) \cdot 2,33 \cdot 6,72^2 = 13,15 \text{ kNm} > M_{Rd} = M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 22,18 \cdot 0,70 / 1,30 = 11,94 \text{ kNm} \dots 1,102 > 1,0$

smýk ... $V_{zd} = 2,33 \cdot 6,72 / 2 = 7,83 \text{ kN} < V_{Rd} = V_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 16,07 \cdot 0,70 / 1,3 = 8,65 \text{ kN} \dots 0,905 < 1,0$

v místě příčky 2 l-nosníky nevyhoví → nutno navrhnout 3 nosníky

3 nosníky přenášejí zatížení ze šířky 0,5 m + tíhu příčky

zatížení na 3 l-nosníky :

stálé :

tíha stropu $1,04 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,5 \dots 0,52 \text{ kN / m}$

tíha nosníků $3 \cdot 0,10 \dots 0,30 \text{ kN / m}$

tíha příčky $h = 2,0 \text{ m} \dots 0,64 \text{ kN / m} \cdot 2,0 \dots 1,28 \text{ kN / m}$

užitné :
 STŘEHA PŘÍČ. stálé / 3 nos. $g_k = 2,10 \text{ kN / m}$

$q_k = 3,0 \text{ kN / m}^2 \cdot (0,50 - 0,15) = 1,05 \text{ kN / m}$

$$\Delta M_{k,p} = (1 / 8) \cdot 1,05 \cdot 6,77^2 = 6,02 \text{ kNm}$$

alternativně na 3 nosníky $Q_k = 3,0$ kN

$\Delta M_{k,p} = (1/4) \cdot 3,0 \cdot 6,77 = 5,08$ kNm \rightarrow vyšší účinky rovnoměrné zatížení

\rightarrow celkem rovnoměrné $f_k = 2,10 + 1,05 = 3,15$ kN / m

návrhová hodnota $f_d = \max. [1,35 \cdot 2,10 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,05 = 3,94$ kN / m ; $1,15 \cdot 2,10 + 1,5 \cdot 1,05 = 3,99$ kN / m]

pro 3 nosníky :

maximální $M_d = (1/8) \cdot 3,99 \cdot 6,72^2 = 22,52$ kNm $< M_{Rd} = 3 \cdot M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 3 \cdot 22,18 \cdot 0,70 / 1,30 = 35,83$ kNm ... **0,629 < 1,0**

průhyb : ... působí 3 nosníky

okamžitý :

$W_{inst} = (5/384) \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_{y,mean}) = (5/384) \cdot (3,15 \cdot 6720^4) / (3 \cdot 3,78 \cdot 10^{12}) = 7,38$ mm ($L/910$) $< W_{inst,mez} = L/400 = 6720/400 = 16,8$ mm

konečný :

od stálého zatížení 2,10 kN / m $W_{1,inst} = 7,38 \cdot (2,10/3,15) = 4,92$ mm

od proměnného zatížení $W_{2,inst} = 7,38 \cdot (1,05/3,15) = 2,46$ mm

konečný průhyb $w_{net,fin} = W_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + W_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,i} \cdot k_{1,def})$

OSB/4 desky : $k_{def} = 1,50$; rostlé dřevo ... $k_{def} = 0,60$... uvažují na straně bezpečné
 $k_{def} = 1,50$

Kategorie ploch C ... $\psi_2 = 0,6$

$W_{net,fin} = 4,92 \cdot (1 + 1,50) + 2,46 \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,50) = 12,30 + 4,66 = 17,0$ mm ($L/395$) =

$W_{net,fin,mez} = L/300 = 6720/300 = 22,4$ mm \rightarrow **3 l-nosníky pod SDK příčkou vyhoví**

Posouzení dvojice nosníků a 500 mm v místě bez příček :

stálé zatížení ... na 2 nosníky – ZŠ = 0,50 m

$g_k = 1,04 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,10 = 0,72$ kN / m

užitné ... na 2 nosníky – ZŠ = 0,50 m

$q_k = 3,00 \cdot 0,5 = 1,50$ kN / m

celkem $f_k = 0,72 + 1,5 = 2,22$ kN / m

návrhová hodnota $f_d = \max. [1,35 \cdot 0,72 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,50 = 2,55$ kN / m ; $1,15 \cdot 0,72 +$

$$1,5 \cdot 1,50 = \underline{3,08} \text{ kN / m]}$$

pro 2 nosníky :

$$\text{maximální } M_d = (1 / 8) \cdot 3,08 \cdot 6,72^2 = \underline{17,39} \text{ kNm} < M_{Rd} = 2 \cdot M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 2 \cdot 22,18 \cdot 0,70 / 1,30 = \underline{23,89} \text{ kNm} \dots \mathbf{0,728 < 1,0}$$

průhyb :

okamžitý :

$$w_{inst} = (5 / 384) \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_{y,mean}) = (5 / 384) \cdot (2,22 \cdot 6720^4) / (2 \cdot 3,78 \cdot 10^{12}) = \underline{7,80} \text{ mm} (L / 862) < w_{inst, mez} = L / 400 = 6720 / 400 = \underline{16,8} \text{ mm}$$

konečný :

$$\text{od stálého zatížení } 0,72 \text{ kN / m} \dots w_{1,inst} = 7,80 \cdot (0,72 / 2,22) = \underline{2,53} \text{ mm}$$

$$\text{od proměnného zatížení} \dots w_{2,inst} = 7,80 \cdot (1,50 / 2,22) = \underline{5,27} \text{ mm}$$

$$\text{konečný průhyb } w_{net,fin} = w_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,i} \cdot k_{1,def})$$

$$\text{OSB/4 desky : } k_{def} = \underline{1,50}; \text{ rostlé dřevo} \dots k_{def} = \underline{0,60} \dots \text{uvažuji na straně bezpečné}$$

$$k_{def} = \underline{1,50}$$

$$\text{Kategorie ploch C} \dots \psi_2 = \underline{0,6}$$

$$w_{net,fin} = 2,53 \cdot (1 + 1,50) + 5,27 \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,50) = 6,33 + 10,01 = \underline{16,34} \text{ mm} (L / 411)$$

$$< w_{net,fin,mez} = L / 300 = 6720 / 300 = \underline{22,4} \text{ mm}$$

I – nosníky $h = 400 \text{ mm}$; $\check{s} = 100 \text{ mm}$ a 250 mm na rozpětí $L_t = 6,72 \text{ m}$ ($L_s = 6,40 \text{ m}$) vyhovují

$$\mathbf{2./ Rozpětí } L_s = 5,95 \text{ m} \dots L_t = 1,05 \cdot L_s = 1,05 \cdot 5,95 = 6,25 \text{ m}$$

návrh ... nosníky výšky 400 mm ... a 500 mm

na 1 nosník :

$$\text{stálé} \dots 1,04 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,50 + 0,10 (g_o) = \underline{0,62} \text{ kN / m}$$

$$\text{užitné} \dots 3,00 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,50 \text{ m} = \underline{1,50} \text{ kN / m}$$

$$f_k = \underline{2,12} \text{ kN / m}$$

$$\text{návrhová hodnota } f_d = \max. [1,35 \cdot 0,62 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,50 = 2,41 \text{ kN / m} ; 1,15 \cdot 0,62 + 1,5 \cdot 1,50 = \underline{2,96} \text{ kN / m}]$$

maximální $M_d = (1 / 8) \cdot 2,96 \cdot 6,25^2 = \underline{14,45} \text{ kNm} < M_{Rd} = M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 22,18 \cdot 0,70 / 1,30 = \underline{11,94} \text{ kNm} \dots \mathbf{1,210 > 1,0 \rightarrow \text{nevyhoví}}$

I – nosníky $h = 400 \text{ mm}$; $\check{s} = 100 \text{ mm}$ a 500 mm na rozpětí $L_t = 6,25 \text{ m}$ ($L_s = 5,95 \text{ m}$) nevyhovují

nosníky jsou kladeny mezi nosníky \rightarrow nelze dodržet modul 625 mm ... desky bude nutno ve směru hlavní osy seříznout.

návrh ... nosníky výšky 400 mm po 400 mm :

zatížení na 1 nosník :

stálé ... $1,04 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,40 + 0,10 (g_o) = \underline{0,52} \text{ kN} / \text{m}$

užitné... $3,00 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,40 \text{ m} = \underline{1,20} \text{ kN} / \text{m}$

$$f_k = \underline{1,72} \text{ kN} / \text{m}$$

návrhová hodnota $f_d = \max. [1,35 \cdot 0,52 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,20 = 1,96 \text{ kN} / \text{m} ; 1,15 \cdot 0,52 + 1,5 \cdot 1,20 = \underline{2,40} \text{ kN} / \text{m}]$

maximální $M_d = (1 / 8) \cdot 2,40 \cdot 6,25^2 = \underline{11,72} \text{ kNm} < M_{Rd} = M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 22,18 \cdot 0,70 / 1,30 = \underline{11,94} \text{ kNm} \dots \mathbf{0,981 < 1,0 \rightarrow \text{vyhoví s malou rezervou} \dots \text{navrhují I-nosníky výšky } 400 \text{ mm a } 350 \text{ mm}}$

stálé ... $1,04 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,35 + 0,10 (g_o) = \underline{0,46} \text{ kN} / \text{m}$

užitné... $3,00 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,35 \text{ m} = \underline{1,05} \text{ kN} / \text{m}$

$$f_k = \underline{1,51} \text{ kN} / \text{m}$$

návrhová hodnota $f_d = \max. [1,35 \cdot 0,46 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,05 = 1,72 \text{ kN} / \text{m} ; 1,15 \cdot 0,46 + 1,5 \cdot 1,05 = \underline{2,10} \text{ kN} / \text{m}]$

maximální $M_d = (1 / 8) \cdot 2,10 \cdot 6,25^2 = \underline{10,25} \text{ kNm} < M_{Rd} = M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 22,18 \cdot 0,70 / 1,30 = \underline{11,94} \text{ kNm} \dots \mathbf{0,858 < 1,0}$

průhyb :

okamžitý :

$$w_{inst} = (5 / 384) \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_{y,mean}) = (5 / 384) \cdot (1,51 \cdot 6\,250^4) / (3,78 \cdot 10^{12} \cdot) = \underline{7,94} \text{ mm} (L / 787) < w_{inst, mez} = L / 400 = 6250 / 400 = \underline{15,6} \text{ mm}$$

konečný :

od stálého zatížení $0,46 \text{ kN / m}$ $w_{1,inst} = 7,94 \cdot (0,46 / 1,51) = \underline{2,42} \text{ mm}$

od proměnného zatížení $w_{2,inst} = 7,94 \cdot (1,05 / 1,51) = \underline{5,52} \text{ mm}$

konečný průhyb $w_{net,fin} = w_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,i} \cdot k_{1,def})$

OSB/4 desky : $k_{def} = \underline{1,50}$; rostlé dřevo ... $k_{def} = \underline{0,60}$... uvažuji na straně bezpečné
 $k_{def} = \underline{1,50}$

Kategorie ploch C ... $\psi_2 = \underline{0,6}$

$w_{net,fin} = 2,42 \cdot (1 + 1,50) + 5,52 \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,50) = 6,05 + 10,49 = \underline{16,54} \text{ mm} (L / 378)$

$< w_{net,fin,mez} = L / 300 = 6250 / 300 = \underline{20,83} \text{ mm}$

**I – nosníky $h = 400 \text{ mm}$; $\check{s} = 100 \text{ mm}$ a 350 mm na rozpětí $L_t = 6,25 \text{ m}$
($L_s = 5,95 \text{ m}$) vyhovují**

3./ Rozpětí $L_s = 4,70 \text{ m}$... $L_t = 1,05 \cdot L_s = 1,05 \cdot 4,70 = 4,95 \text{ m}$

návrh ... nosníky výšky 400 mm ... a 500 mm

stálé ... $1,04 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,50 + 0,10 (g_o) = \underline{0,62} \text{ kN / m}$

užitné... $3,00 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,50 \text{ m} = \underline{1,50} \text{ kN / m}$

$$f_k = \underline{2,12} \text{ kN / m}$$

návrhová hodnota $f_d = \max. [1,35 \cdot 0,62 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,50 = 2,41 \text{ kN / m} ; 1,15 \cdot 0,62 + 1,5 \cdot 1,50 = \underline{2,96} \text{ kN / m}]$

maximální $M_d = (1 / 8) \cdot 2,96 \cdot 4,95^2 = \underline{9,07} \text{ kNm} < M_{Rd} = M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 22,18 \cdot 0,75 / 1,30 = \underline{12,80} \text{ kNm} \dots \underline{0,709} < 1,0$

průhyb :

okamžitý :

$w_{inst} = (5 / 384) \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_{y,mean}) = (5 / 384) \cdot (2,12 \cdot 4950^4) / (3,78 \cdot 10^{12} \cdot) = \underline{4,38} \text{ mm} (L / 1130) < w_{inst,mez} = L / 400 = 4950 / 400 = \underline{12,4} \text{ mm}$

konečný :

od stálého zatížení $0,62 \text{ kN / m}$ $w_{1,inst} = 4,38 \cdot (0,62 / 2,12) = \underline{1,28} \text{ mm}$

od proměnného zatížení $w_{2,inst} = 4,38 \cdot (1,50 / 2,12) = \underline{3,10} \text{ mm}$

konečný průhyb $w_{net,fin} = w_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,i} \cdot k_{1,def})$

OSB/4 desky : $k_{def} = \underline{1,50}$; rostlé dřevo ... $k_{def} = \underline{0,60}$... uvažují na straně bezpečné
 $k_{def} = \underline{1,50}$

Kategorie ploch C ... $\psi_2 = \underline{0,6}$

$w_{net,fin} = 1,28 \cdot (1 + 1,50) + 3,10 \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,50) = 3,20 + 5,89 = \underline{9,09} \text{ mm} (L / 545) <$

$w_{net,fin,mez} = L / 300 = 4950 / 300 = \underline{16,5} \text{ mm}$

I – nosníky $h = 400 \text{ mm}$; $\check{s} = 100 \text{ mm}$ a 500 mm na rozpětí $L_t = 4,95 \text{ m}$ ($L_s = 4,70 \text{ m}$) vyhovují

3./ Rozpětí proti komínu $L_s = 5,00 \text{ m}$... osazení vlevo na ocelový nosník, vpravo na zdivo $L_t = 5,0 + \text{cca } 0,15 = 5,15 \text{ m}$

návrh ... nosníky výšky 400 mm ... a 500 mm

stálé ... $1,04 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,50 + 0,10 (g_o) = \underline{0,62} \text{ kN / m}$

užitné... $3,00 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,50 \text{ m} = \underline{1,50} \text{ kN / m}$

$$f_k = \underline{2,12} \text{ kN / m}$$

návrhová hodnota $f_d = \max. [1,35 \cdot 0,62 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,50 = 2,41 \text{ kN / m} ; 1,15 \cdot 0,62 + 1,5 \cdot 1,50 = \underline{2,96} \text{ kN / m}]$

maximální $M_d = (1 / 8) \cdot 2,96 \cdot 5,15^2 = \underline{9,81} \text{ kNm} < M_{Rd} = M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 22,18 \cdot 0,75 / 1,30 = \underline{12,80} \text{ kNm} \dots \mathbf{0,766 < 1,0}$

průhyb :

okamžitý :

$w_{inst} = (5 / 384) \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_{y,mean}) = (5 / 384) \cdot (2,12 \cdot 5150^4) / (3,78 \cdot 10^{12} \cdot) = \underline{5,14} \text{ mm} (L / 1002) < w_{inst,mez} = L / 400 = 5150 / 400 = \underline{12,9} \text{ mm}$

konečný :

od stálého zatížení $0,62 \text{ kN / m}$ $w_{1,inst} = 5,14 \cdot (0,62 / 2,12) = \underline{1,50} \text{ mm}$

od proměnného zatížení $w_{2,inst} = 5,14 \cdot (1,50 / 2,12) = \underline{3,64} \text{ mm}$

konečný průhyb $w_{net,fin} = w_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,i} \cdot k_{1,def})$

OSB/4 desky : $k_{def} = \underline{1,50}$; rostlé dřevo ... $k_{def} = \underline{0,60}$... uvažují na straně bezpečné
 $k_{def} = \underline{1,50}$

Kategorie ploch C ... $\psi_2 = \underline{0,6}$

$w_{net,fin} = 1,50 \cdot (1 + 1,50) + 3,64 \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,50) = 3,75 + 6,92 = \underline{10,7} \text{ mm} (L / 481) <$

$w_{net,fin,mez} = L / 300 = 5150 / 300 = \underline{17,2} \text{ mm}$

I – nosníky $h = 400 \text{ mm}$; $\check{s} = 100 \text{ mm}$ a 500 mm na rozpětí $L_t = 5,15 \text{ m}$ ($L_s = 5,00 \text{ m}$) vyhovují

2./ Rozpětí $L_s = 6,14 \text{ m}$... $L_t = 1,05 \cdot L_s = 1,05 \cdot 6,14 = 6,45 \text{ m}$

návrh ... nosníky výšky 400 mm po 350 mm :

zatížení na 1 nosník :

stálé ... $1,04 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,35 + 0,10 (g_o) = \underline{0,47} \text{ kN / m}$

užitné... $3,00 \text{ kN / m}^2 \cdot 0,35 \text{ m} = \underline{1,05} \text{ kN / m}$

$$f_k = \underline{1,52} \text{ kN / m}$$

návrhová hodnota $f_d = \max. [1,35 \cdot 0,47 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,05 = 1,74 \text{ kN / m} ; 1,15 \cdot 0,47 + 1,5 \cdot 1,05 = \underline{2,12} \text{ kN / m}]$

maximální $M_d = (1 / 8) \cdot 2,12 \cdot 6,45^2 = \underline{11,02} \text{ kNm} < M_{Rd} = M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 22,18 \cdot 0,70 / 1,30 = \underline{11,94} \text{ kNm} \dots \underline{0,922} < 1,0 \rightarrow \text{vyhoví}$

průhyb :

okamžitý :

$w_{inst} = (5 / 384) \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_{y,mean}) = (5 / 384) \cdot (1,52 \cdot 6450^4) / (3,78 \cdot 10^{12} \cdot) = \underline{9,06} \text{ mm} (L / 712) < w_{inst, mez} = L / 400 = 5150 / 400 = \underline{12,9} \text{ mm}$

konečný :

od stálého zatížení $0,62 \text{ kN / m}$ $w_{1,inst} = 9,06 \cdot (0,47 / 1,52) = \underline{2,80} \text{ mm}$

od proměnného zatížení $w_{2,inst} = 9,06 \cdot (1,05 / 1,52) = \underline{6,26} \text{ mm}$

konečný průhyb $w_{net,fin} = w_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,i} \cdot k_{1,def})$

OSB/4 desky : $k_{def} = \underline{1,50}$; rostlé dřevo ... $k_{def} = \underline{0,60}$... uvažují na straně bezpečné

$k_{def} = \underline{1,50}$

Kategorie ploch C ... $\psi_2 = \underline{0,6}$

$w_{net,fin} = 2,80 \cdot (1 + 1,50) + 6,26 \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,50) = 4,20 + 11,89 = \underline{16,1} \text{ mm} (L / 401) <$

$w_{net,fin,mez} = L / 300 = 6450 / 300 = \underline{21,5} \text{ mm}$

I – nosníky $h = 400 \text{ mm}$; $\check{s} = 100 \text{ mm}$ a 350 mm na rozpětí $L_t = 6,14 \text{ m}$ ($L_s = 6,45 \text{ m}$) vyhovují

Návrh a posouzení desky OSB / 4

maximální vzdálenost l-nosníků 500 mm ... rozpětí desky $L_t = L_s + 0,05 = 0,40 + 0,05 = 0,45$ m ... tloušťka desek OSB/4 ... 25 mm

Katalog jediného výrobce OSB desek v ČR → výroba desek OSB / 4 Superfinish Bau Eco (Z-9.1-627)

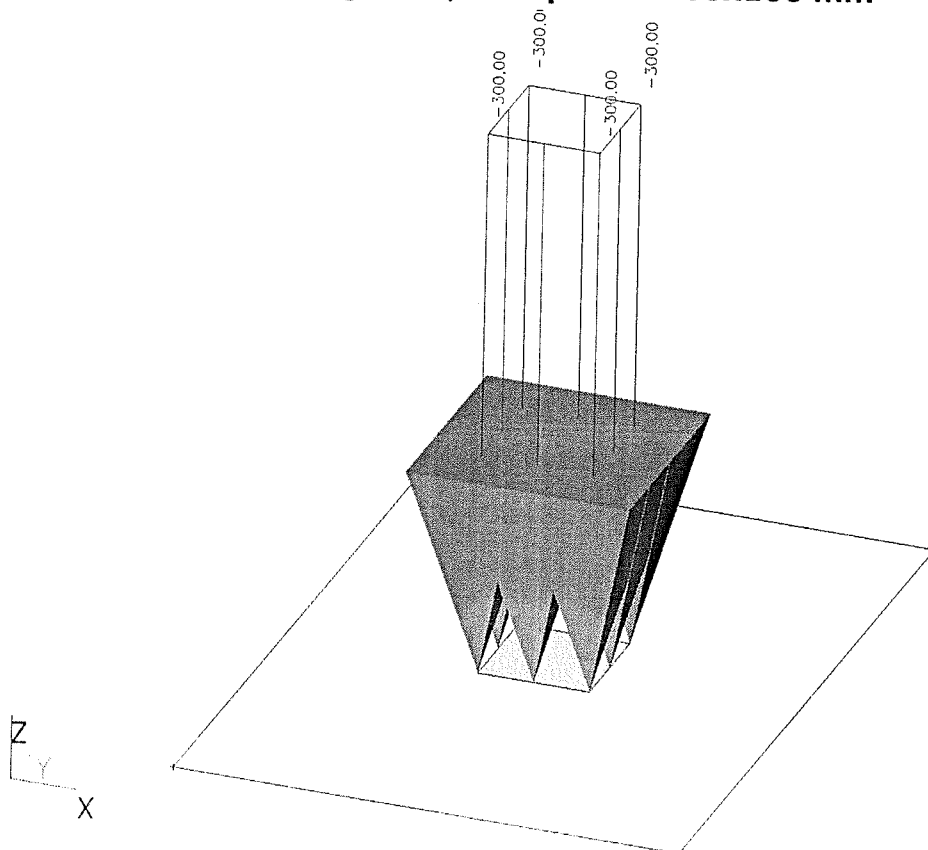
Hodnota modulu pružnosti ve směru hlavní osy = směr podélné orientace třísek vnější vrstvy desky $E = 9\,500$ MPa

Směr vedlejší osy (kolmé na hlavní) ... $E = 2800$ MPa

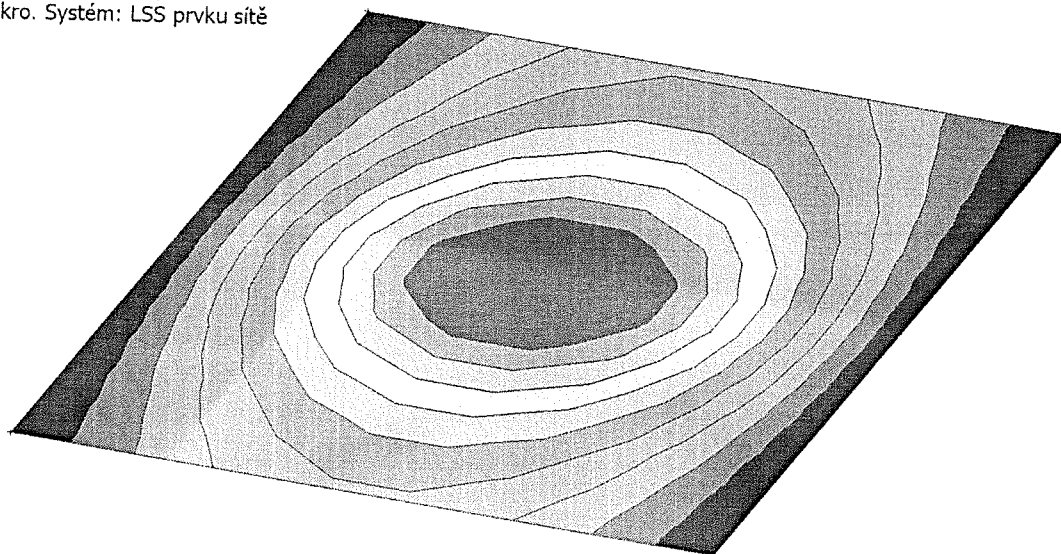
Zadán modul pružnosti $E = 9500$ MPa ; ve směru vedlejší osy zadána snížená tloušťka desky tak, aby tuhost desky $E \cdot J$ ve směru vedlejší osy odpovídala poměru

$$t_v^3 = (2800 / 9500) \cdot 25^3 = 4605 \rightarrow t_v = \underline{16,6} \text{ mm}$$

poměr tuhostí směr x (vedlejší) / směr y (hlavní) = $16,6^3 / 25^3 = 0,29 = 2800 / 9500 = 0,29$

1. ZS3 / soustředěná síla $Q_k = 3,0$ kN-plocha 100x100 mm**2. MSP-char. - 2D přemístění; U_{total}**

Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP-Char (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

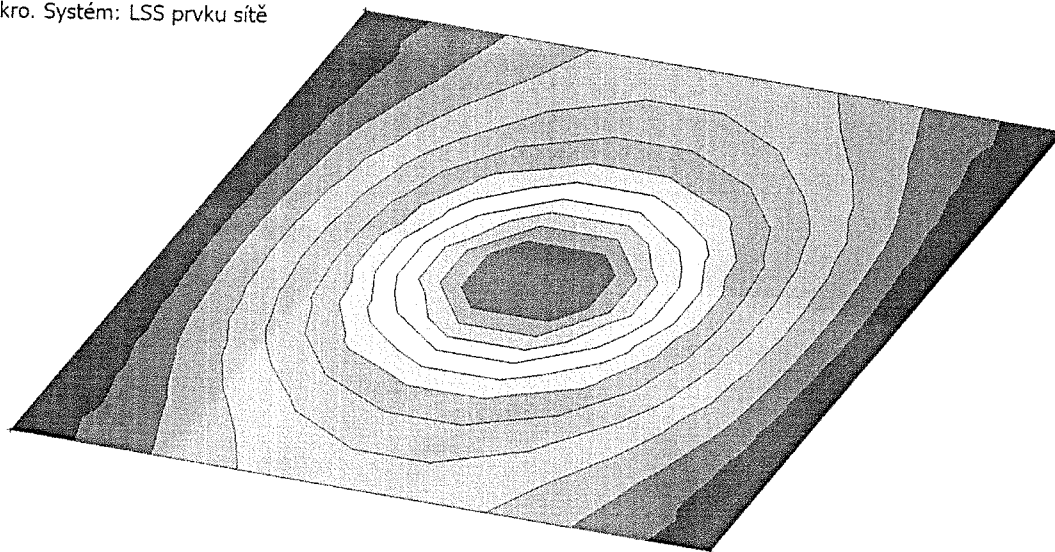


1.07
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
 U_{total} [mm]

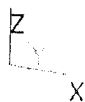


3. EN-MSÚ ... 2D vnitřní síly; m_{xd}

Hodnoty: m_x
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



1.22
1.10
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
-0.02
 m_x [kNm/m]



$$\text{max. průhyb } w_{\text{inst}} = \underline{1,07} \text{ mm} < w_{\text{inst, mez}} = L / 300 = 450 / 300 = \underline{1,50} \text{ mm}$$

MSÚ ... a./ posouzení ve směru hlavní osy desky

$$\text{maximální moment ve směru hlavní osy desky ... } M_{\text{xd}} = \underline{1,22} \text{ kNm / m}$$

$$W = (1 / 6) \cdot 1,00 \cdot 0,025^2 = 104,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{Napětí } \sigma_d = M_d / W = 1,22 / 104,2 \cdot 10^{-6} = 11\,708 \text{ kPa} = \underline{11,71} \text{ MPa}$$

$$\text{Návrhová únosnost } f_d = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Desky OSB SUPERFINISH BAU ECO (z-9.1-627), Typ OSB / 4 :

Třída provozu 1 (vyápěné místnosti) + střednědobé zatížení ... $k_{\text{mod}} = \underline{0,70}$

$$\gamma_M = \underline{1,20}$$

ve směru hlavní osy desky ... $f_{m,k} = \underline{29,0} \text{ MPa}$ (katalog)

$$f_d = 0,70 \cdot 29,0 / 1,20 = \underline{16,917} \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \underline{11,71} \text{ MPa} < f_d = \underline{16,917} \text{ MPa}$$

b./ posouzení ve směru vedlejší osy desky

$$\text{maximální moment ve směru vedlejší osy desky ... } M_{\text{xd}} = \underline{0,39} \text{ kNm / m}$$

$$\text{Napětí } \sigma_d = M_d / W = 0,39 / 104,2 \cdot 10^{-6} = 3\,743 \text{ kPa} = \underline{3,74} \text{ MPa}$$

$$\text{Návrhová únosnost } f_d = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Desky OSB SUPERFINISH BAU ECO (z-9.1-627), Typ OSB / 4 :

Třída provozu 1 (vyápěné místnosti) + střednědobé zatížení ... $k_{\text{mod}} = \underline{0,70}$

$$\gamma_M = \underline{1,20}$$

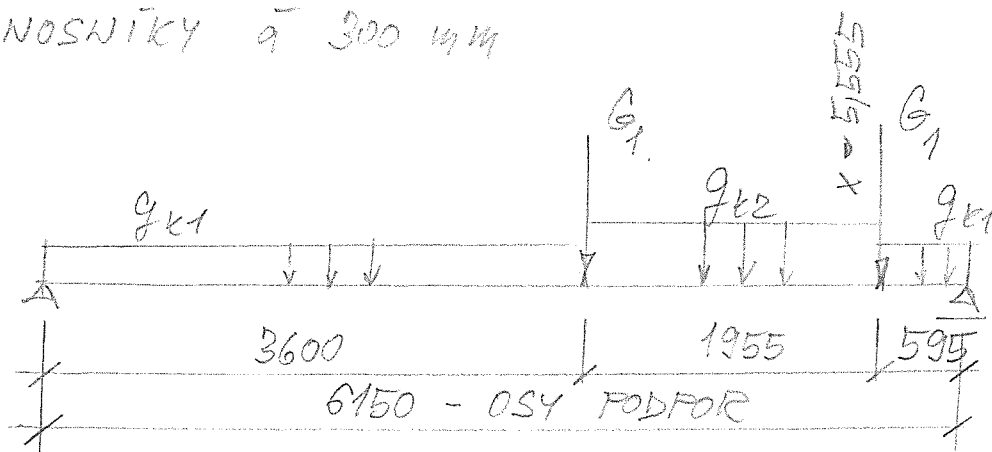
ve směru vedlejší osy desky $f_{m,k} = \underline{13,0} \text{ MPa}$ (katalog)

$$f_d = 0,70 \cdot 13,0 / 1,20 = \underline{7,58} \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \underline{3,74} \text{ MPa} < f_d = \underline{7,58} \text{ MPa}$$

Deska OSB SUPERFINISH BAU ECO (Z-9.1-627), Typ OSB / 4 tloušťky 25 mm na rozpětí $L = 0,45 \text{ m}$ vyhoví

TRÁMY V MÍSTĚ WC-INVALIDE:
I-NOSNÍKY $a = 300 \text{ mm}$



zS1 - g_0 ... VL. TÍHA $g_0 = 0,10 \text{ kN/m}^2$

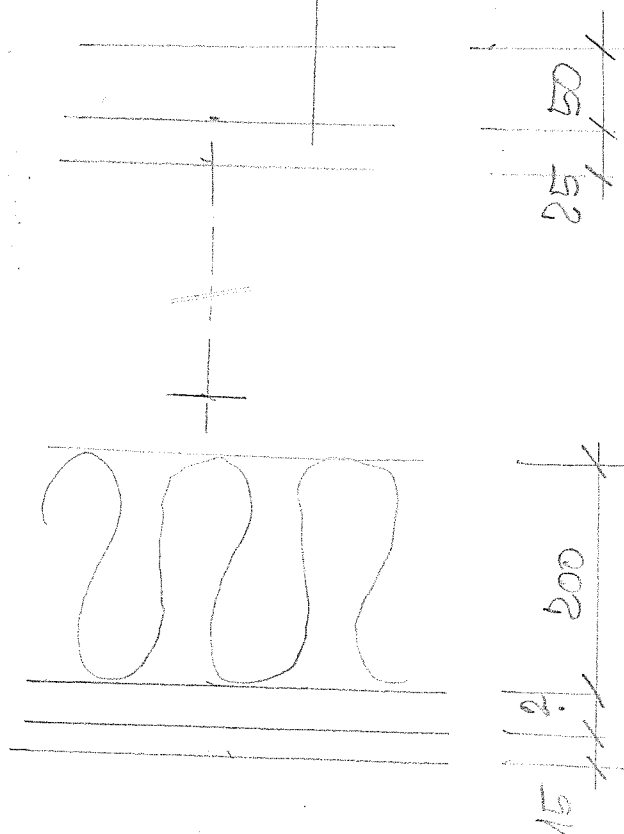
zS2 - Δg_k ... OSTATNÍ STÁLE ... TÍHA PODLAHY
A PODHLEDU

$$g_{k1} = 1,04 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,30 = 0,31 \text{ kN/m}^2$$

($\rightarrow g_k$)

g_{k2} :

ŽLB. DESKA TL. 50 mm
OSB TL. 25 mm



NA 1 NOSNÍK - $z_s = 0,30 \text{ m}$ - Δg_k

ELB. DESKA TL. 50 mm

$$25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,05 \cdot 0,30 = \underline{0,38 \text{ kN/m}}$$

$$\text{OSB DESKY} \dots 7,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,025 \cdot 0,30 = \underline{0,05 \text{ kN/m}}$$

$$\text{- TEPEL. IZOLACE} \dots 0,40 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,20 \cdot 0,30 = \underline{0,02 \text{ kN/m}}$$

$$\text{- KONSTRUKCE PRO SDK} \dots 0,16 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,30 = \underline{0,05}$$

- SDK DESKA TL. 15 mm...

$$\dots 9,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,015 \cdot 0,30 = 0,14 \cdot 0,3 = \underline{0,04}$$

$$\Delta g_k = \underline{0,54 \text{ kN/m}}$$

G_{k1} TÍHA PRÍCKY $h = 3,10 \text{ m}$

$$G_{k1} = 0,64 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,10 \cdot 0,30 = \underline{0,60 \text{ kN}}$$

$$z_{s3} - \text{UŽITNÉ} \quad q_{k1} = 3,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,30 = \underline{0,90 \text{ kN/m}}$$

$$z_{s4} - \text{UŽITNÉ} \dots \text{SOUSTŘED. SÍLA} \quad Q_k = \underline{3,0 \text{ kN}}$$

VÝSLEDKY : PROGRAM SCIA

$$MSÚ : \quad g_0 \dots M_k = \underline{0,30 \text{ kNm}}$$

$$\Delta g_k = \underline{0,54}$$

$$q_k = \underline{4,26}$$

$$Q_k = \underline{4,61}$$

MAXIMUM : KOMBINACE $1,15 \cdot (z_{s1} + z_{s2}) + 1,5 \cdot z_{s4}$

→ OTÁŽKA ROZNESENÍ Q_k NA VÍCE NOSNÍKŮ

$$M_d = \underline{10,44 \text{ kNm}} < M_{Rd} = M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M =$$

$$= 22,18 \cdot 0,70 / 1,30 = \underline{11,94 \text{ kNm}}$$

$$\underline{0,874 < 1,0}$$

$$V_d = \underline{6,87 \text{ kN}} < V_{Rd} = 16,07 \cdot 0,70 / 1,30 = \underline{8,65 \text{ kN}}$$

PRŮMYBY: MATERIÁL - UPRÁVENÝ C24

$$E = 10\,152 \text{ MPa} ; J_y = 3,7235 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$E \cdot J_y = 10\,152 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \cdot 3,7235 \cdot 10^8 [\text{mm}^4] =$$

$$= 3,78 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2 \rightarrow \text{ODPOVÍDÁ}$$

HODNOTĚ V KATALOGU

W_{inst} - OKAMŽITÝ

$$\left. \begin{array}{l} g_0 \dots 0,4 \text{ mm} \\ \Delta g_k \dots 3,7 \text{ mm} \end{array} \right\} W_{inst,1} = 4,1 \text{ mm}$$

$$g_k \dots 5,7 \text{ mm} \quad W_{inst,2} = 5,7 \text{ mm}$$

$$Q_k \dots 5,2 \text{ mm}$$

$$W_{inst} = 4,1 + 5,7 = 9,8 \text{ mm} < W_{inst,mez} = \frac{L}{400} = \frac{6150}{400} =$$

$$= 15,4 \text{ mm}$$

KONEČNÝ PRŮMYB:

$$w_{net,fin} = w_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,det}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \varphi_{2,1} \cdot$$

$$\cdot k_{1,det}) = 4,1 \cdot (1 + 1,5) + 5,7 (1 + 0,6 \cdot 1,5) = 10,25 +$$

$$+ 10,83 = 21,1 \text{ mm} > w_{net,fin} = \frac{L}{300} = \frac{6150}{300} = 20,5 \text{ mm}$$

→ NEVYHOVÍ ----- VZDALENOST NOSNÍKŮ

$$280 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = \frac{0,28}{0,30} \cdot 21,1 = 19,7 \text{ mm} < w_{net,fin} =$$

$$= 20,5 \text{ mm}$$

→ PROSTOR WC-INVALIDE - NOSNÍKY A 280 mm

VYHOVÍ

dvojice I-nosníků rozpětí $L_t = 4,95$ m ($L_s = 4,70$ m) pod průběžnou SDK příčkou

pod SDK příčkou ... dvojice nosníků

stálé ... $1,04 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,50 + 0,20 (g_o) = \underline{0,72} \text{ kN} / \text{m}$

+ tíha příčky $h=3,10$ m ... $0,64 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 3,10 = \underline{1,98} \text{ kN} / \text{m}$

stálé $g_k = \underline{2,70} \text{ kN} / \text{m}$

užitné... $3,00 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,50 \text{ m} = \underline{1,50} \text{ kN} / \text{m}$

 $f_k = \underline{4,20} \text{ kN} / \text{m}$

návrhová hodnota $f_d = \max. [1,35 \cdot 2,70 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,50 = 5,22 \text{ kN} / \text{m} ; 1,15 \cdot 2,70 + 1,5 \cdot 1,50 = \underline{5,36} \text{ kN} / \text{m}]$

maximální $M_d = (1 / 8) \cdot 5,36 \cdot 4,95^2 = \underline{16,42} \text{ kNm} < M_{Rd} = 2 \cdot 11,94 = \underline{23,88} \text{ kNm} \dots$
 $0,688 < 1,0$

průhyb :

okamžitý :

$W_{inst} = (5 / 384) \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_{y,mean}) = (5 / 384) \cdot (4,20 \cdot 4950^4) / (2 \cdot 3,78 \cdot 10^{12} \cdot) =$
 $\underline{4,34} \text{ mm} (L / 1141) < W_{inst, mez} = L / 400 = 4950 / 400 = \underline{12,4} \text{ mm}$

konečný :

od stálého zatížení $2,70 \text{ kN} / \text{m} \dots \dots \dots W_{1,inst} = 4,34 \cdot (2,70 / 4,20) = \underline{2,79} \text{ mm}$

od proměnného zatížení $\dots \dots \dots W_{2,inst} = 4,34 \cdot (1,50 / 4,20) = \underline{1,55} \text{ mm}$

konečný průhyb $W_{net,fin} = W_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + W_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,i} \cdot k_{1,def})$

OSB/4 desky : $k_{def} = \underline{1,50}$; rostlé dřevo ... $k_{def} = \underline{0,60}$... uvažuji na straně bezpečné
 $k_{def} = \underline{1,50}$

Kategorie ploch C ... $\psi_2 = \underline{0,6}$

$W_{net,fin} = 2,79 \cdot (1 + 1,50) + 1,55 \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,50) = 6,98 + 2,95 = \underline{9,93} \text{ mm} (L / 498) <$

$W_{net,fin,mez} = L / 300 = 4950 / 300 = \underline{16,5} \text{ mm}$

dvojice nosníku $L_t = 4,95$ m pod příčkou vyhoví

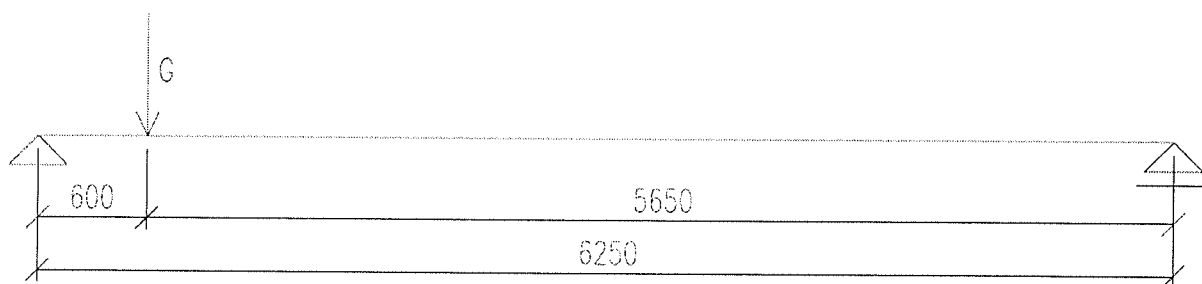
**Nosníky výšky 400 mm a 350 mm na rozpětí $L_t = 6,25$ m ($L_s = 5,95$ m) mm ...
posouzení při přetížení tíhou příčky**

stálé ... $1,04 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,35 + 0,10 (g_o) = \underline{0,46} \text{ kN} / \text{m}$

užitné... $3,00 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,35 \text{ m} = \underline{1,05} \text{ kN} / \text{m}$

$$f_k = \underline{1,51} \text{ kN} / \text{m}$$

+ tíha kolmé příčky $h = 3,10$ m ... $G_k = 0,64 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 3,10 \cdot 0,35 = \underline{0,70} \text{ kN}$



výpočet – program Scia Engineer – upravený modul pružnosti $E = 10\,152 \text{ MPa}$; $I = 3,733 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$... tuhost $E \cdot I = 3,78 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$

bez tíhy příčky :

návrhová hodnota $f_d = \max. [1,35 \cdot 0,46 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,05 = 1,72 \text{ kN} / \text{m} ; 1,15 \cdot 0,46 + 1,5 \cdot 1,05 = \underline{2,10} \text{ kN} / \text{m}]$

maximální $M_d = (1 / 8) \cdot 2,10 \cdot 6,25^2 = \underline{10,25} \text{ kNm} < M_{Rd} = M_k \cdot k_{mod} / \gamma_M = 22,18 \cdot 0,70 / 1,30 = \underline{11,94} \text{ kNm} \dots \underline{0,858} < 1,0$

s tíhou příčky (výpočet programem Scia)

$M_d = \underline{10,56} \text{ kNm} < M_{Rd} = \underline{11,94} \text{ kNm} \dots \underline{0,884} < 1,0$

průhyb : ... bez tíhy příčky

okamžitý :

$$w_{\text{inst}} = (5 / 384) \cdot (f_k \cdot L^4) / (E \cdot I_{y,\text{mean}}) = (5 / 384) \cdot (1,51 \cdot 6250^4) / (3,78 \cdot 10^{12}) = \underline{7,94} \text{ mm} (L / 787) < w_{\text{inst,mez}} = L / 400 = 6250 / 400 = \underline{15,6} \text{ mm}$$

konečný :

od stálého zatížení 0,46 kN / m $w_{1,\text{inst}} = 7,94 \cdot (0,46 / 1,51) = \underline{2,42} \text{ mm}$

od proměnného zatížení $w_{2,\text{inst}} = 7,94 \cdot (1,05 / 1,51) = \underline{5,52} \text{ mm}$

konečný průhyb $w_{\text{net,fin}} = w_{1,\text{inst}} \cdot (1 + k_{1,\text{def}}) + w_{2,\text{inst}} \cdot (1 + \psi_{2,i} \cdot k_{1,\text{def}})$

OSB/4 desky : $k_{\text{def}} = \underline{1,50}$; rostlé dřevo ... $k_{\text{def}} = \underline{0,60}$... uvažují na straně bezpečné

$k_{\text{def}} = \underline{1,50}$

Kategorie ploch C ... $\psi_2 = \underline{0,6}$

$w_{\text{net,fin}} = 2,42 \cdot (1 + 1,50) + 5,52 \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,50) = 6,05 + 10,49 = \underline{16,54} \text{ mm} (L / 378)$

$< w_{\text{net,fin,mez}} = L / 300 = 6250 / 300 = \underline{20,83} \text{ mm}$

průhyb : ... s tíhou příčky

$w_{\text{inst}} = 2,9 + 5,8 = \underline{8,7} \text{ mm} (L / 718) < w_{\text{inst,mez}} = L / 400 = 6250 / 400 = \underline{15,6} \text{ mm}$

$w_{\text{net,fin}} = 2,9 \cdot (1 + 1,50) + 5,8 \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,50) = 7,25 + 11,02 = \underline{18,27} \text{ mm} (L / 342) <$

$w_{\text{net,fin,mez}} = L / 300 = 6250 / 300 = \underline{20,83} \text{ mm}$

2. varianta – příčka ve vzdálenosti 1,40 m od podpory .. $G_k = \underline{0,70} \text{ kN}$

$M_d = \underline{10,84} \text{ kNm} < M_{Rd} = \underline{11,94} \text{ kNm} \dots \underline{0,908} < 1,0$

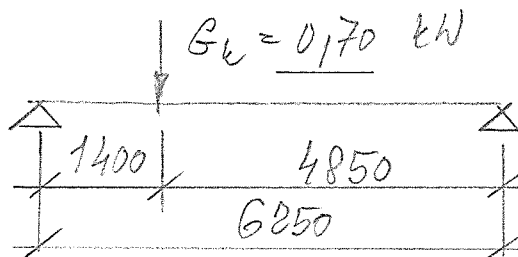
$w_{\text{inst}} = 3,2 + 5,8 = \underline{9,0} \text{ mm} (L / 694) < w_{\text{inst,mez}} = L / 400 = 6250 / 400 = \underline{15,6} \text{ mm}$

$w_{\text{net,fin}} = 3,2 \cdot (1 + 1,50) + 5,8 \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,50) = \underline{19,02} \text{ mm} (L / 328) < w_{\text{net,fin,mez}} = L /$

$300 = 6250 / 300 = \underline{20,83} \text{ mm}$

I – nosníky $h = 400 \text{ mm}$; $\check{s} = 100 \text{ mm}$ a 350 mm na rozpětí $L_t = 6,25 \text{ m}$

($L_s = 5,95 \text{ m}$) vyhovují



Posouzení kmitání podle článku 7.3 ČSN EN 1995-1-1 :

stropy obytných budov :

maximální rozpětí ... strop $L_t = 6,72$ m ($L_s = 6,40$ m)

tíha stopu – 4 nosníky / m ... $m = 104 \text{ kg / m}^2 + 4 \cdot 10 = 144 \text{ kg / m}^2$

tuhost v nosném směru $(E \cdot I)_I = 3,78 \cdot 10^6 \cdot 4 = 15,12 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2 / \text{m}$

základní frekvence

$$f_1 = \left[\frac{\pi}{2 \cdot l^2} \right] \cdot \sqrt{\frac{(E \cdot I)_I}{m}} = \left[\frac{\pi}{2 \cdot 6,72^2} \right] \cdot \sqrt{\frac{15,12 \cdot 10^6}{144}} = 0,0347841 \cdot 324,037 = 11,27 \text{ Hz} > 8,0 \text{ Hz}$$

musí platit podmínky :

$$1. \dots (w / F) < a = 1,5 \text{ mm / kN}$$

w ... maximální okamžitý svislý průhyb od soustředěné statické síly F

síla F = 1,0 kN ... roznese se minimálně na 2 nosníky

$$w = 1000 \cdot 6770^3 / (48 \cdot 2 \cdot 3,78 \cdot 10^{12}) = 0,855 \text{ mm / kN} < 1,5 \text{ mm / kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

2. podmínka :

$$v \leq b \cdot (f_1 \cdot \xi - 1)$$

v ... rychlost odezvy na jednotkový impuls

obdélníkový strop s rozměry l x b :

$$v = 4 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot n_{40}) / (m \cdot b \cdot l + 200)$$

n_{40} ... počet tvarů základních frekvencí < 40 Hz

$$n_{40} = ([(40 / f_1)^2 - 1] \cdot (b / l)^4 \cdot [(E \cdot J)_l / (E \cdot J)_b])^{0,25}$$

kde ... $(E \cdot J)_b$... tuhost ve směru kolmém k nosníkům

$$\text{deska OSB / 4 tl. 25 mm ... } l_b = (1 / 12) \cdot 1000 \cdot 25^3 = 1\,302\,083 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} \dots (E \cdot J)_b &= 9\,500 \text{ [N / mm}^2\text{]} \cdot 1\,302\,083 \text{ [mm}^4\text{]} = 1,23698 \cdot 10^{10} \text{ N mm}^2 = \\ &= \underline{1,23698 \cdot 10^4 \text{ N m}^2} \end{aligned}$$

$$(E \cdot J)_l / (E \cdot J)_b = 15,12 \cdot 10^6 / 1,23698 \cdot 10^4 = \underline{1222,3}$$

$$n_{40} = ([(40 / f_1)^2 - 1] \cdot (b / l)^4 \cdot [(E \cdot J)_l / (E \cdot J)_b])^{0,25} = ([(40 / 11,27)^2 - 1] \cdot (8,88 / 6,72)^4 \cdot 1222,3)^{0,25} = (11,597 \cdot 3,0491 \cdot 1222,3)^{0,25} = 43\,221,0^{0,25} = \underline{14,419}$$

$$\begin{aligned} v &= 4 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot n_{40}) / (m \cdot b \cdot l + 200) = \\ &= 4 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot 14,419) / (144 \cdot 8,88 \cdot 6,72 + 200) = \underline{0,0041} \end{aligned}$$

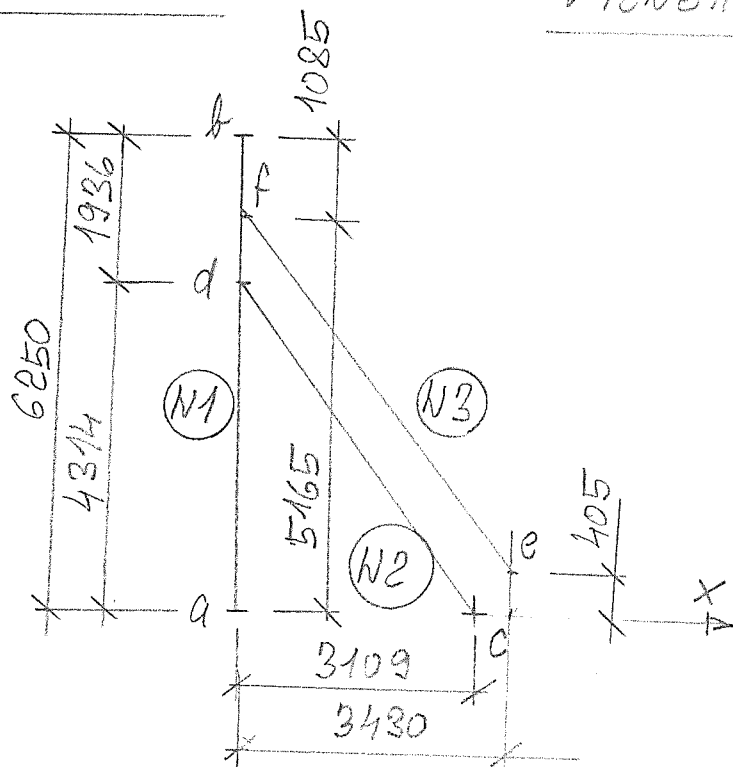
$$v = \underline{0,0041} \leq b^{(f_1 \cdot \xi - 1)} = 100^{(11,27 \cdot 0,01 - 1)} = \underline{0,0168}$$

navržená konstrukce z I-nosníků vyhoví na kmitání

NÁVRH OCELOVÉ VÝMĚNY V MÍSTĚ ŠIKMÉHO

NÁKRES :

VÁZNÉHO TRÁMLU



2S1 - g_0

2S2 - Δg_k ... TÍHA PODLAHY

BEŽ TÍHY I-NOSNÍKŮ A PŘÍČEK

$$\Delta g_k = 1,04 \text{ kW/m}^2$$

TÍHA I NOSNÍKŮ \hat{a} 500 mm

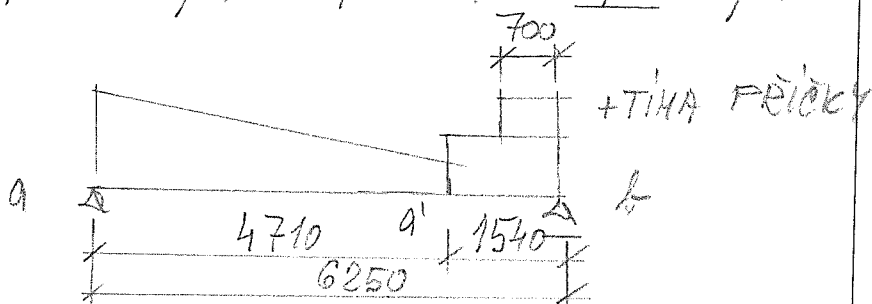
$$0,10 \text{ kW/m}^2 \cdot 2 = 0,20 \text{ kW/m}^2$$

PŘÍČKY - POUZE U PODPORY NA DELKU

0,70 m

$$\Delta g_{kp} = 0,64 \text{ kW/m}^2 \cdot 3,10 \cdot 0,5 = 1,0 \text{ kW/m}^2$$

NOSNÍK (N1) :



$$a : z\check{s} = \frac{1}{2} (1,651 + 3,109) = \underline{2,38 \text{ m}}$$

$$x = \underline{4,71 \text{ m}} : z\check{s} = 1,651/2 = \underline{0,83 \text{ m}}$$

$$x = \underline{4,71 - 5,55 \text{ m}} \dots z\check{s} = 0,5 \cdot (1,651 + 3,40) = \underline{2,53 \text{ m}}$$

$$\underline{5,55 - 6,25 \text{ m}} \dots + 1,0 \text{ kW/m'}$$

zsd - ostatní střeš:

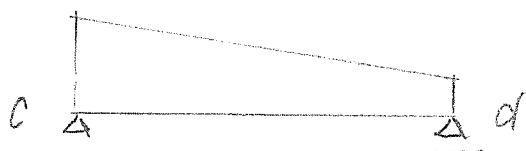
$$a : g_{k1} = 1,24 \text{ kW/m}^2 \cdot 2,38 = \underline{2,95 \text{ kW/m'}}$$

$$x = \underline{4,71 \text{ m}} : g_{k1} = 1,24 \cdot 0,83 = \underline{1,03 \text{ kW/m'}}$$

$$\underline{4,71 - 5,55 \text{ m}} : g_{k1} = 1,24 \cdot 2,53 = \underline{3,14 \text{ kW/m'}}$$

$$\underline{5,55 - 6,25 \text{ m}} : g_{k1} = 3,14 + 1,0 = \underline{4,14 \text{ kW/m'}}$$

NOSNÍK (N2)

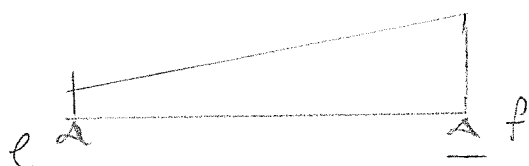


$$c : z\check{s} = 0,5 \cdot 3,109 + 0,35 = \underline{1,90 \text{ m}}$$

$$g_{k1} = 1,24 \cdot 1,90 = \underline{2,36 \text{ kW/m'}}$$

$$d : z\check{s} = 0,35 \text{ m} \dots g_{k1} = 1,24 \cdot 0,35 = \underline{0,43 \text{ kW/m'}}$$

NOSNÍK (N3)



$$e : z\check{s} = \underline{0,40 \text{ m}}$$

$$g_{k1} = 1,24 \cdot 0,40 = \underline{0,50 \text{ kW/m'}}$$

$$f : z\check{s} = 0,40 + 0,5 \cdot 3,40 = \underline{2,10 \text{ m}}$$

$$g_{k1} = 1,24 \cdot 2,10 = \underline{2,60 \text{ kW/m'}}$$

253 - UŽITNÉ $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$

N1 : a ... $q_{k1} = 3,0 \cdot 2,38 = 7,14 \text{ kN/m'}$

a' ... $q_{k1} = 3,0 \cdot 0,83 = 2,49 \text{ kN/m'}$

a'-b ... $= 3,0 \cdot 2,53 = 7,59 \text{ kN/m'}$

N2 : c : $q_{k1} = 3,0 \cdot 1,90 = 5,70 \text{ kN/m'}$

d : $= 3,0 \cdot 0,35 = 1,05$

N3 : e : $q_{k1} = 3,0 \cdot 0,4 = 1,20 \text{ kN/m'}$

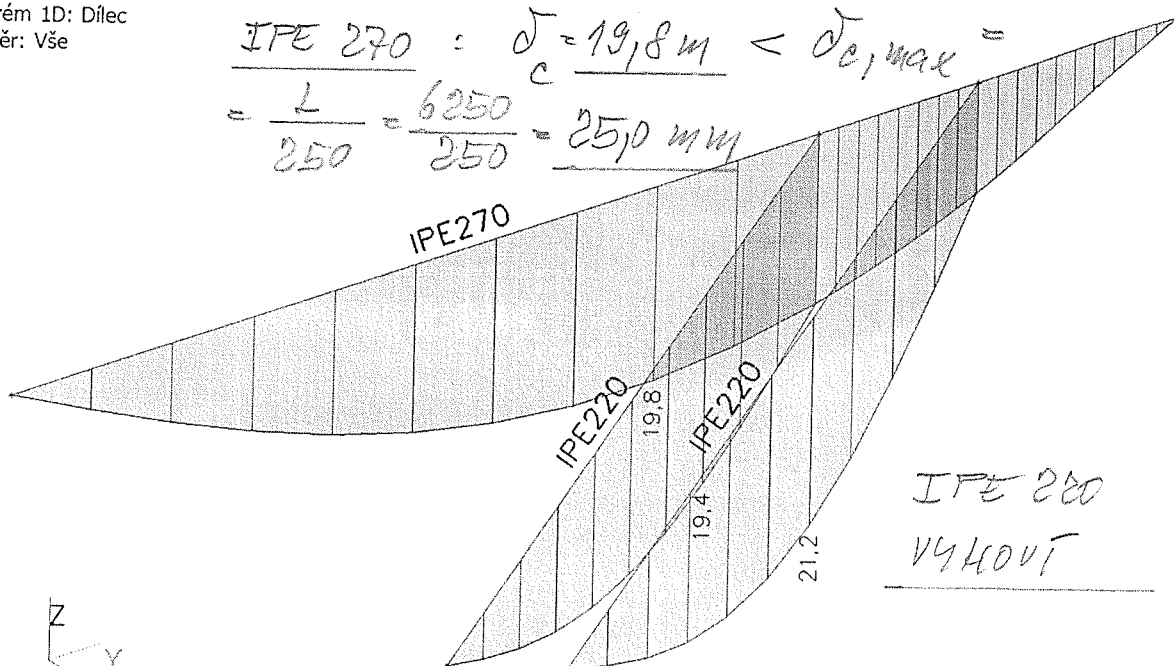
f : $= 3,0 \cdot 2,1 = 6,30 \text{ kN/m'}$

1. MSP-char.-1D deformace; U_{total}

Hodnoty: U_{total}
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše

CELKOVÁ DEFORMACE:

$$\begin{aligned} \text{IPE 270} : \sigma_c &= 19,8 \text{ mm} < \sigma_{c,max} = \\ &= \frac{L}{250} = \frac{6250}{250} = 25,0 \text{ mm} \end{aligned}$$



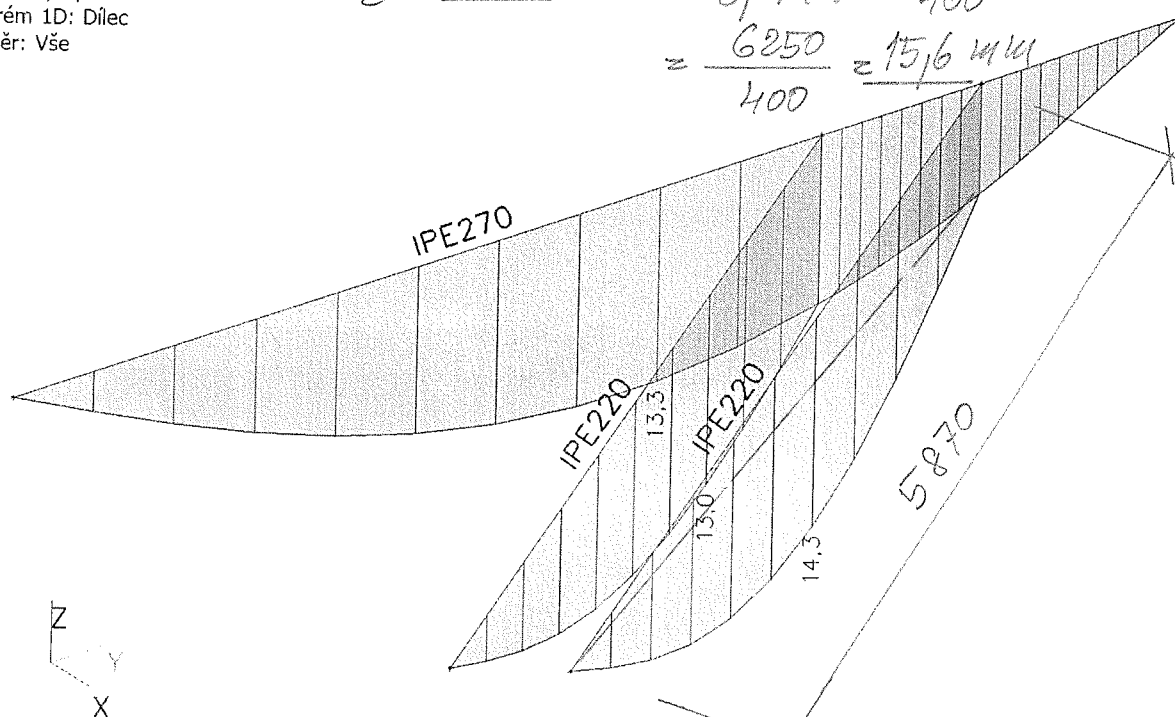
IPE 220
vyhoví

2. užité -1D deformace; U_{total}

Hodnoty: U_{total}
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS3
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše

IPE 270:

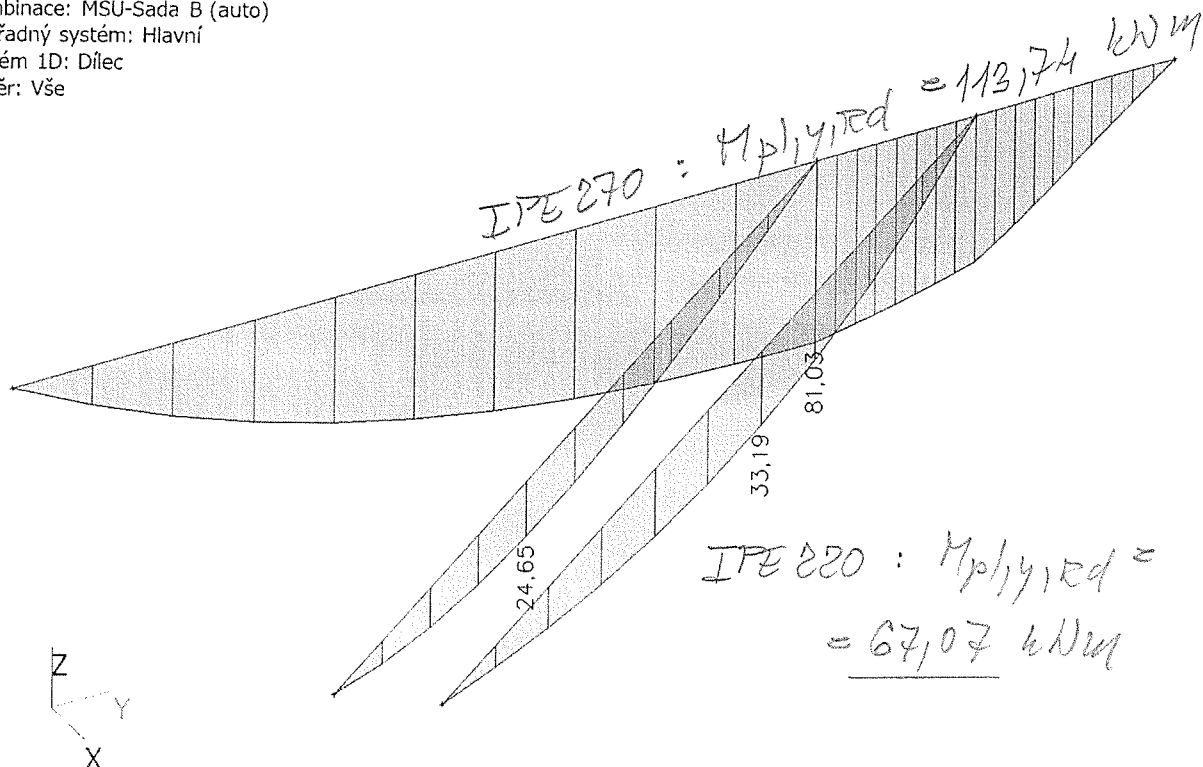
$$\begin{aligned} \sigma_2 &= 13,3 \text{ mm} < \sigma_{2,max} = \frac{L}{400} = \\ &= \frac{6250}{400} = 15,6 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{IPE 220} : \sigma_2 &= 10 \text{ mm} < \sigma_{2,max} = \frac{L}{300} = \frac{5870}{300} = \\ &= 19,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

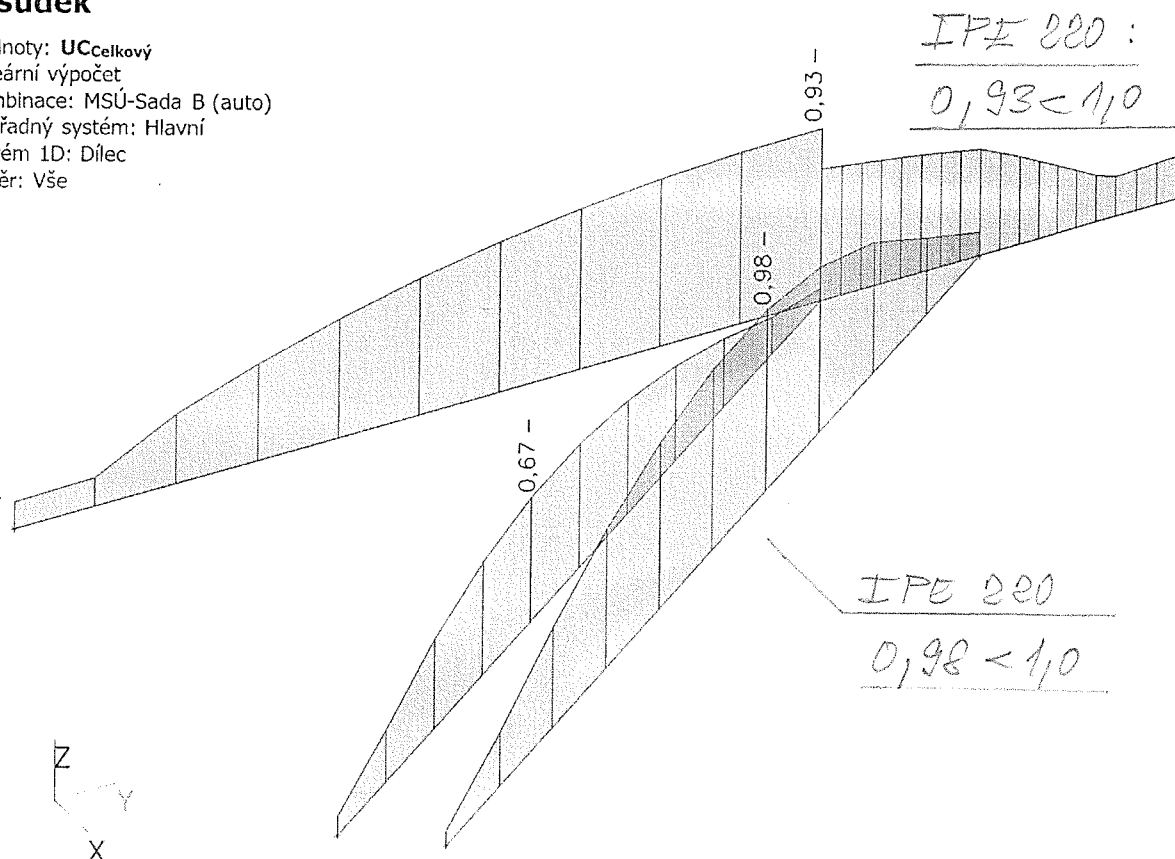
3. MSÚ - 1D vnitřní síly; M_y

Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



4. EN MSÚ - Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993; Souhrnný posudek

Hodnoty: $U_{Ccelkový}$
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše

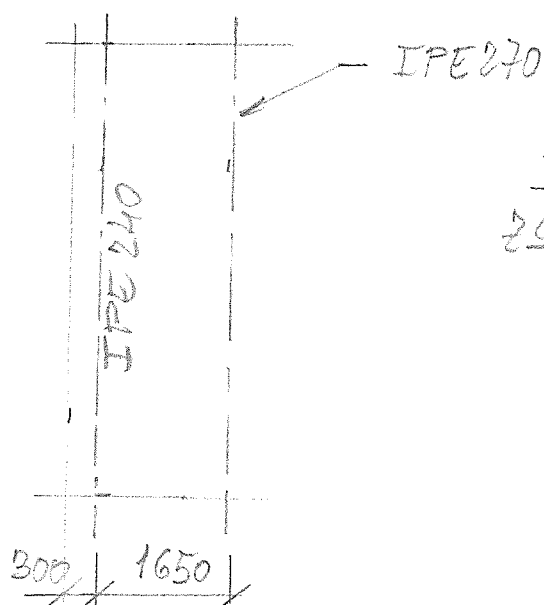


NOSNÍKY IPE 270 + IPE 220 (2x) VYHOVÍ

OCELOVÁ VÝMĚNA $L_s = 5,95 \text{ m}$

NÁKRES:

$$L_t = 1,05 \cdot L_s = 1,05 \cdot 5,95 = \underline{6,25 \text{ m}}$$



ZATĚŽ. STĚKA:

$$z_s = 0,30 + 0,5 \cdot 1,65 = \underline{1,13 \text{ m}}$$

ZAMÍŠLENÍ; ZATĚŽ. STAVY:

zs1 - g_0 n. IPE 220 ... $g_0 = \underline{0,262 \text{ kN/m}}$

zs2 - Δg_k ... TÍHA PODLAHY

DŘEV. I-NOSNÍKY $\bar{a} = 500 \text{ mm}$ - $L = 1,03 \text{ m}$

$$0,10 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,03 / 0,5 = 0,21 \text{ kN/m}^2$$

+ TÍHA PODLAHY ... $1,04 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,13 = \underline{1,18 \text{ kN/m}^2}$

$$\Delta g_k = \underline{1,39 \text{ kN/m}^2}$$

zs3 - $q_k = \underline{3,0 \text{ kN/m}^2}$

$$q_k = 3,0 \cdot 1,13 = \underline{3,39 \text{ kN/m}^2}$$

CELKEM ... $f_k = \underline{5,04 \text{ kN/m}^2}$

$$\sigma_c = \frac{5}{384} \frac{5,04 \cdot 6,25^4}{2,1 \cdot 2772} = 0,0172 \text{ m} = \underline{17,2 \text{ mm}}$$

$$= L / 363 < \sigma_{c,mez} = \frac{L}{250} = \frac{6250}{250} = \underline{25 \text{ mm}}$$

MSÚ : NEJÍ ZABRÁNĚNO KLOPENÍ

$$M_{yd} = 34,06 \text{ kNm} > M_{b,Rd} = \alpha_{LT} \cdot M_{p1,y1,Rd} =$$

$$= 0,48 \cdot 66,97 = 32,04 \text{ kNm}$$

→ IPE 280 NEVYHOVÍ →

→ ZMĚNA : IPE 240

$$\bar{\sigma}_c = 12,6 \text{ mm} < \bar{\sigma}_{c,mez} = \frac{L}{250} = \frac{6250}{250} =$$

$$= 25 \text{ mm}$$

— OD UŽITNÉHO :

$$\bar{\sigma}_2 = 8,4 \text{ mm} < \bar{\sigma}_{2,mez} = \frac{L}{400} = \frac{6250}{400} =$$

$$= 15,6 \text{ mm}$$

MSÚ : $M_{yd} = 34,3 \text{ kNm} < M_{b,Rd} = \alpha_{LT} \cdot M_{p1,y1,Rd} =$

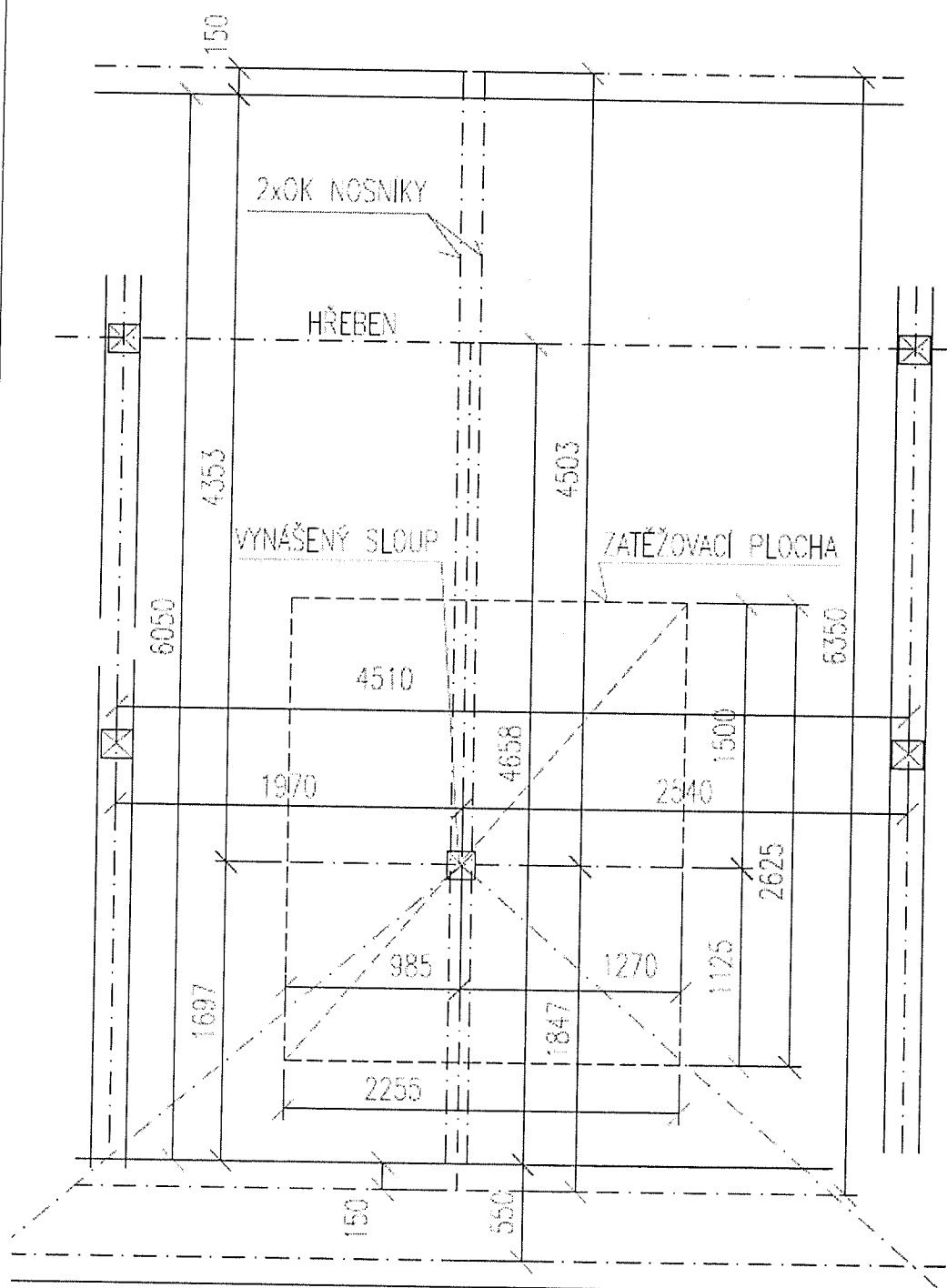
$$= 0,51 \cdot 86,25 = 44,34 \text{ kNm}$$

→ IPE 240 VYHOVÍ

Návrh podchycení dřevěného sloupu 160x160 mm (vyříznutí podélného vazného trámu)

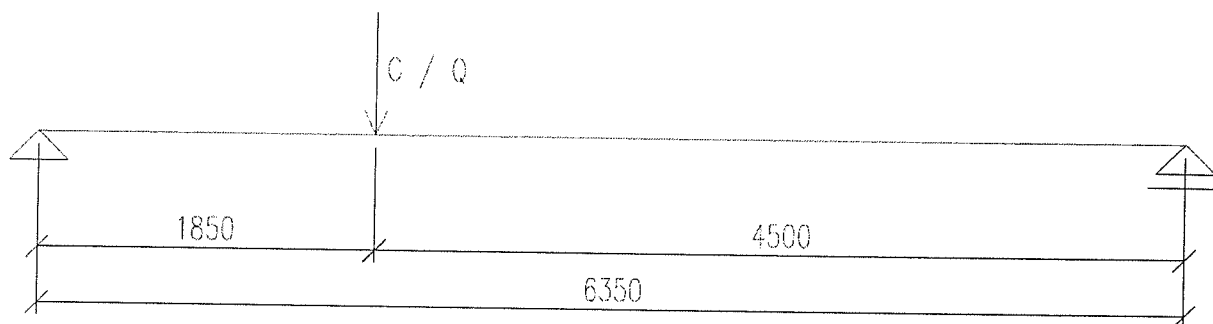
Návrh 2 ocelových nosníků ... $L_s = 6,05$ m, které přenášejí reakci z dřevěného sloupu o průřezu 160x160 mm

určení reakce ze střechy → určení půdorysné plochy



Půdorysná plocha $A = 2,255 \cdot 2,625 = \underline{5,92} \text{ m}^2$

Schéma nosníku



Zatížení, zatěžovací stavy :

Zatížení, zatěžovací stavy :

A./ Stálé zatížení :

ZS1 - g_o ... vlatní tíha → generuje program Scia Engineer

ZS2 - Δg_k ... tíha střechy

tíha střechy ... sklon střechy $\alpha = 35^\circ$

skladba střechy :

| | |
|--|--|
| betonová tašková krytina s laťováním..... | <u>0,55</u> kN / m^2 |
| dřevěná konstrukce – krokve 120x160 mm+vaznice..... | <u>0,15</u> |
| tepelná izolace tl. 240 mm → $0,40 \text{ kN} / \text{m}^3 \cdot 0,30$ | <u>0,12</u> |
| konstrukce ocelového roštu | cca <u>0,20</u> |
| SDK deska tl. 12,5 mm..... | $9,0 \text{ kN} / \text{m}^3 \cdot 0,0125$ <u>0,11</u> |
| světla, závěsy | <u>0,05</u> |

celkem $g_k = \underline{1,18} \text{ kN} / \text{m}^2$

Celkem na sloup ... $G_k = g_k \cdot A / \cos 35^\circ = \underline{1,18} \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 5,92 / \cos 35^\circ = \underline{8,53} \text{ kN}$

ZS3 - s ... zatížení sněhem

Přelouč...I. sněhová oblast podle ČSN EN 1991-1-3

... zatížení sněhem na zemi $s_{km} = 0,70 \text{ kPa}$

zatížení sněhem na střechách ... $s_k = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{km} = 0,80 \cdot 1,0 \cdot 0,70 = \underline{0,56}$ kPa
(uvažuji $\mu_i = 0,80$ na stran bezpečné)

Reakce na sloup ... $S_k = s_k \cdot A = 0,56 \cdot 5,92 = \underline{3,32}$ kN

Výsledky – program Scia :

návrh ... 2 x IPE220 :

průhyby :

g o $\delta = 0,9$ mm

ostatní stálé $\delta = 3,1$ mm

sníh $\delta = 1,2$ mm

nosníky nesoucí sloupy ... celkem $\delta_c = \underline{5,2}$ mm $< \delta_{c,max} = L / 500 = 6350 / 500 = \underline{12,7}$ mm

MSÚ :

$M_d = \underline{21,82}$ kNm $< M_{c,Rd} = 2 \cdot 67,07 = \underline{134,14}$ kNm

velké rezervy – změna ... nosník 2 x IPE200

průhyby :

g o $\delta = 1,1$ mm

ostatní stálé $\delta = 4,4$ mm

sníh $\delta = 1,7$ mm

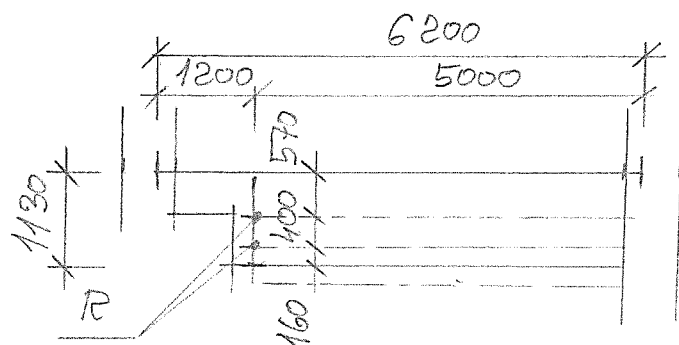
nosníky nesoucí sloupy ... celkem $\delta_c = \underline{7,2}$ mm $< \delta_{c,max} = L / 500 = 6350 / 500 = \underline{12,7}$ mm

MSÚ : ...vyhoví

nosník 2 x IPE200 vyhoví

VÝMĚNA U KOKÍNA :

NÁKRES:



VÝMĚNA PŘENÁŠÍ REAKCE ZE 2 NOSNÍKŮ - $z_s = 0,40 \text{ m}$
DĚLKA $L = 0,5 \cdot 5,0 + 0,30 = 2,80 \text{ m}$

zs1 - g_0 ... VL TÍHA - GENERUJE SCIA

zs2 - Δg_k ... TÍHA PODLAHY

- TÍHA I-NOSNÍKŮ ... $0,10 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,8 = 0,28 \text{ kN}$

- TÍHA PODLAHY + PODHLEDU

... $1,04 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,40 \cdot 2,8 = 1,17 \text{ kN}$

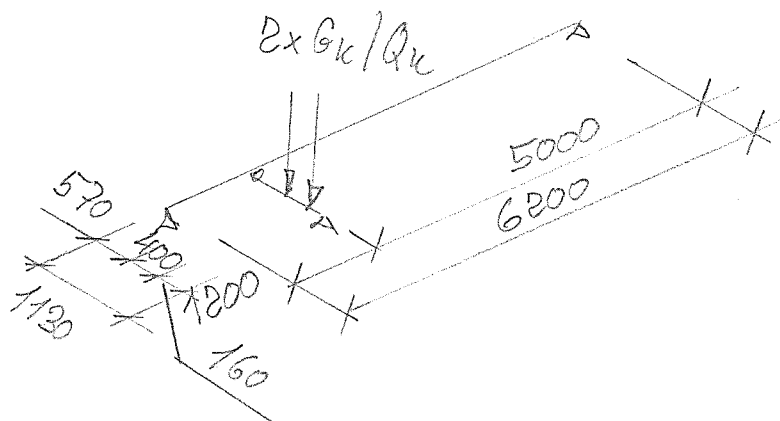
$G_k = 1,45 \text{ kN}$

zs3 - q_k ROVNOMĚRNĚ' $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$

$Q_k = 3,0 \cdot 0,4 \cdot 2,8 = 3,36 \text{ kN} \dots 2x$

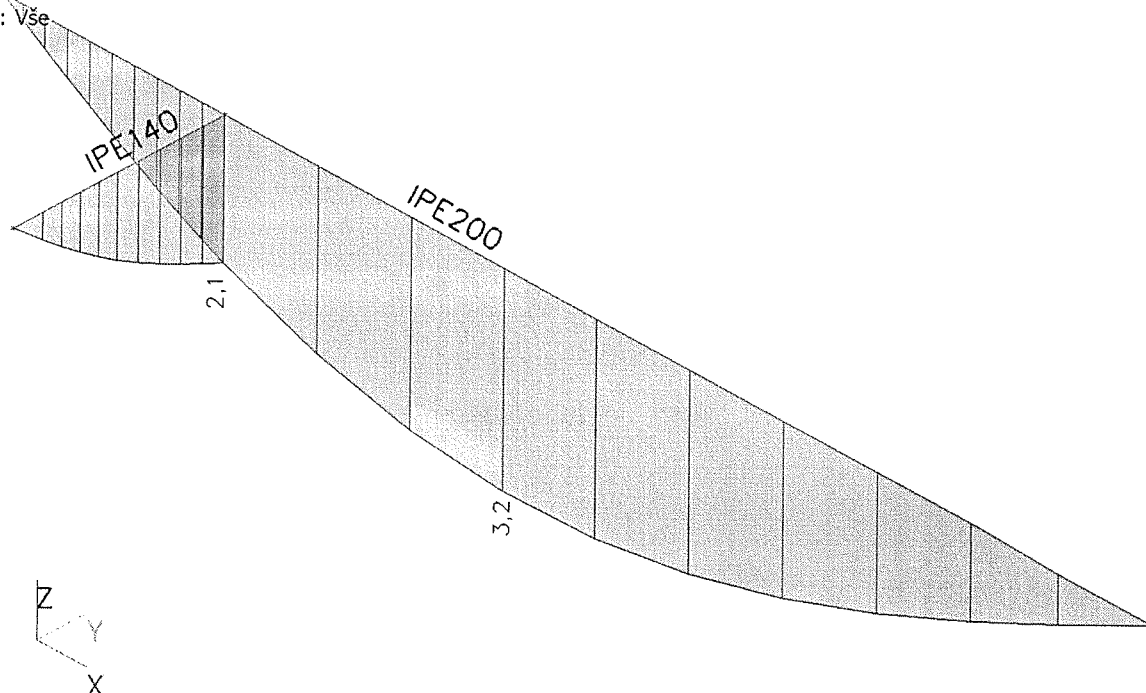
→ VYŠŠÍ NEŽ' $Q_k = 3,0 \text{ kN}$

SCHEMA :



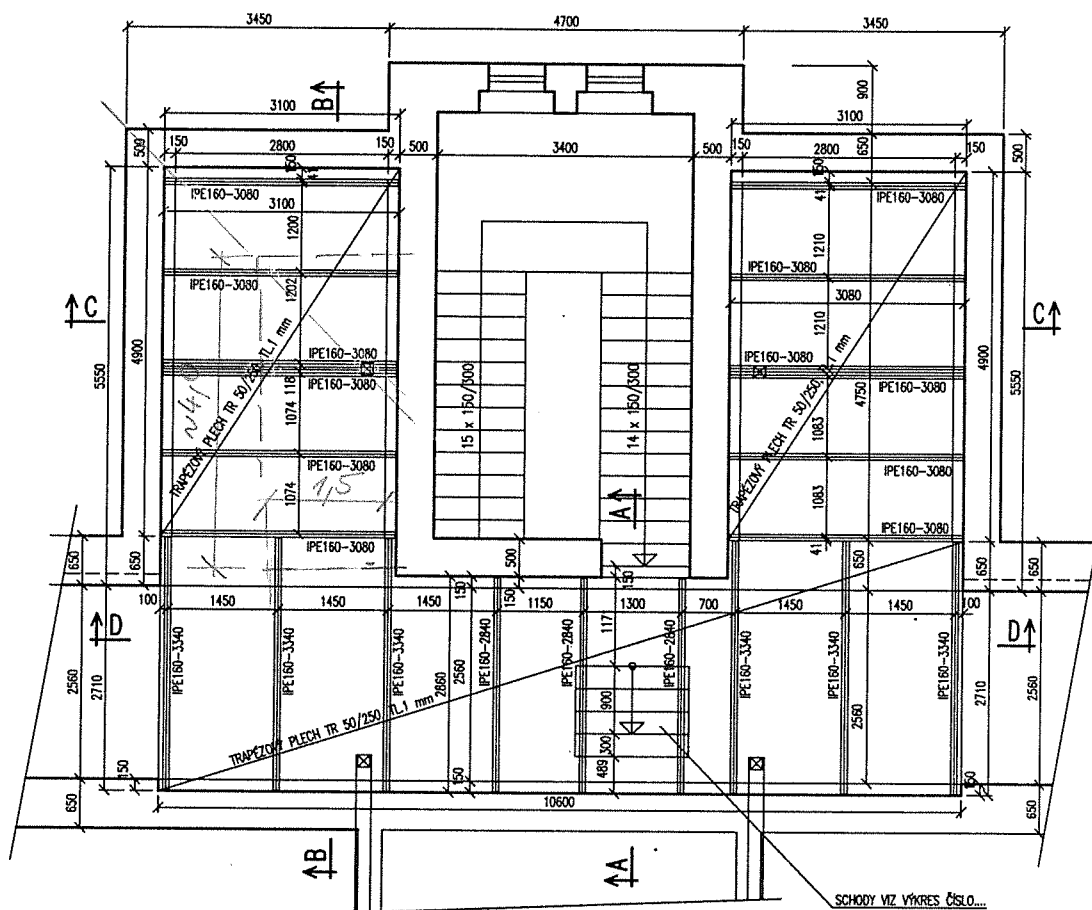
1. MSP-char.- 1D deformace; U_{total}

Hodnoty: U_{total}
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



NUTNO DĚBIT PRŮMYBY → PONECHÁM
IPE 200 ... MSÚ - VYHOVÍ

NÁVRH STROPU NA ÚROVNI +8,75 m



NÁVRH TRAPÉZOVÉHO PLETU:

ZATÍŽENÍ (MIMO VL. HNĚT. STROPU)

ZATÍŽENÍ BETON. SMĚŠT 0,08. $25 \text{ kN/m}^2 = 2 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,35 = 2,7 \text{ kN/m}^2$
 UDÍTELNÉ PRŮ BETONÁŘŮ $\sim 2,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 = 3,75 \text{ kN/m}^2$

$$q_k^l = 4,5 \text{ kN/m}^2 \quad q_k^d = 6,45 \text{ kN/m}^2$$

PLECH TR 50/250 - POZITIVNÍ POLOHA - TL. 1 m

MAY. VZDÁLENOST PODPOR 1,45 m
 - PODLE TABULEK - PRO VZDÁLENOST PODPOR 1,5 m

$$\begin{aligned} q_k &= 7,58 \text{ kN/m}^2 > 4,5 \text{ kN/m}^2 \quad \text{PLECH NA ZATÍŽENÍ} \\ q_{k2} &= 10,75 \text{ kN/m}^2 > 6,45 \text{ kN/m}^2 \quad \text{PRO BETONÁŘŮ} \end{aligned}$$

VÝHODNÍ

V KOŇECNÉM STADIU ZATÍŽENÍ POVEŠT
ŽELEZOBETONOVÁ DESKA

NÁVRH ŽELEZOBETONOVÉ DESKY

CELKOVÁ TLOUŠŤKA 100 mm (50 mm PLECH + 50 mm
DESKA NAD VLIVAMI)

ZATÍŽENÍ:

VL. Hmotnost $0,08 \cdot 25 \dots\dots\dots 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,35 \dots\dots 2,7 \text{ kN/m}^2$
VODOPADNÁ IZOLACE $\dots\dots\dots 0,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,35 \dots\dots 0,27 \text{ kN/m}^2$
MAZALINA + DLAŽBA $0,07 \cdot 25 \dots\dots 1,75 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,35 \dots\dots 2,36 \text{ kN/m}^2$

$$g^k = 3,95 \text{ kN/m}^2 \quad g^d = 5,33 \text{ kN/m}^2$$

UČETNÉ $\dots\dots\dots 3,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \quad 4,5 \text{ kN/m}^2$
 $\dots\dots\dots 6,95 \text{ kN/m}^2 \quad 9,83 \text{ kN/m}^2$

NA 1 m^2 DESKY, UVAŽUJI POVEŠOVU ŠTĚPĚKOVANOU
PRŮČEK $g_p = 0,5 \text{ kN/m}^2, q_{kz} = 1,2 \text{ kN/m}^2$

ZATÍŽENÍ NA DESKU CELKEM

$$\underline{q_{rd} = 9,83 + 1,2 \cdot 1,35 = 11,45 \text{ kN/m}^2}$$

$$L = 1,45 \text{ m}$$

$$\text{max } M_d = 0,1 \cdot q_d \cdot L^2 = 0,1 \cdot 11,45 \cdot 1,45^2$$

$$\text{max } M_d = 2,4 \text{ kNm}$$

$$\underline{\text{max } Q^d = 11,45 \cdot \frac{1,45}{2} = 8,3 \text{ kN}}$$

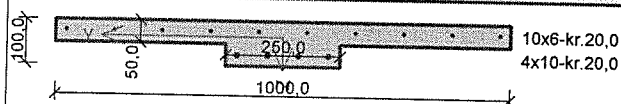
SPODNÍ VÝZTUŽ $4 \phi R10/\text{m}$;

HORNÍ VÝZTUŽ - 8/7 6/100 - 6/100

BETON C25/30

POSOUZENÍ PROGRAMEM FIVE - BETON 2D

Rez 1



Typ prvku: deska

Prostředí: X0

Beton: C 25/30

$f_{ck} = 25,0$ MPa; $f_{ctm} = 2,6$ MPa; $E_{cm} = 31000$ MPa

Ocel podélná: B500B ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa)

Ocel příčná: B500 ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa)

Vzpěr

Vzpěr není uvažován

S tlačnou výztuží je počítáno.

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Deska (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$\rho_{s,t} = 0,00474 \geq \rho_{s,min} = 0,00135$

$\rho_{s,t,CSN} = 0,00452 \geq \rho_{s,min,CSN} = 0,0018 \Rightarrow$ Vyhovuje

$\rho_s = 0,00955 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ Vyhovuje

Posouzení mezního stavu únosnosti

| č. | Název | N_{Ed} [kN] | N_{Rd} [kN] | M_{Edy} [kNm] | M_{Rdy} [kNm] | V_{Edz} [kN] | V_{Rdz} [kN] | Využití [%] | Posouzení |
|----|---------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------|
| 1 | Zat. případ 1 | 0,00 | 0,00 | -2,40 | -7,69 | 8,30 | 15,36 | 54,1 | Vyhovuje |
| 2 | Zat. případ 2 | 0,00 | 0,00 | 2,40 | 10,79 | 8,30 | 15,63 | 53,1 | Vyhovuje |

Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 54,1 %

Využití: 54,1 %

NAVŘEZENÁ VÝSTUŽ VYHOVUJE

54,1 % VYHOVUJE

NÁVRH OCELOVÝCH NOSNÍKŮ STROPU

$$l_s = 2,8 \text{ m} \Rightarrow l = 1,05 \cdot 2,8 = 2,94 \text{ m}$$

ZATĚŽOVACÍ STŘEHA 1,2 m

ZATÍŽENÍ:

| | | | |
|-----------------------------------|-------------|------|------------|
| VL. HMOTNOST | 20,16 EU/m' | 1,35 | 0,22 EU/m' |
| PLECH 1,2. 0,1 EU/m ² | 0,12 EU/m' | 1,35 | 0,16 EU/m' |
| ZLB DESKA + PODLAHA | | | |
| 1,2m. 3,95 EU/m ² | 4,74 EU/m' | 1,35 | 6,40 EU/m' |
| PODELNÁ PRŮČKA | 1,2 EU/m' | 1,35 | 1,62 EU/m' |
| ODSTŘEŽ 3 EU/m ² . 1,2 | 3,6 EU/m' | 1,5 | 5,4 EU/m' |

$$\underline{q^k = 9,82 \text{ kN/m}'} \quad \underline{q^d = 13,8 \text{ kN/m'}}$$

$$\underline{M_{ed} = \frac{1}{8} q^d \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 13,8 \cdot 2,94^2 = 14,91 \text{ kNm}}$$

NOSNÍKY IPE 160 - NOSNÍKY ZABEZPEČENÝ PROTI
KLOPENÍ TRAPEZOVÝM PLECHEM PŘIVARĚNÝM
V KAŽDÉ VLIVĚ

$$\underline{M_{ypl} = 29,12 \text{ kNm} > 14,91 \text{ kNm}}$$

$$I_y = 869,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{PRŮHYB } \delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^k \cdot l^4}{EI}$$

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{9,82 \cdot 2940^4}{210000 \cdot 869,3 \cdot 10^4}$$

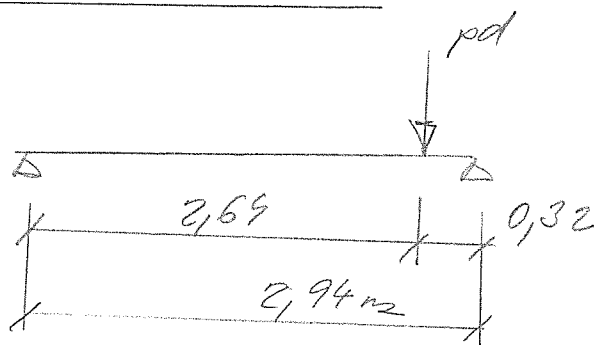
$$\underline{\delta = 5,23 \text{ mm} < \frac{2940}{400} = 7,35 \text{ mm}}$$

\Rightarrow VYHOVUJE

POSOUZENÍ DVONICE NOSÍKŮ POD POSLYCHOVACÍM STOUPKEM

ZJEDNODUŠENÉ POSOUZENÍ 1 NOSÍK ZATÍŽENÝ
REAKCÍ OD STŘEDKY

STATICKÉ SCHÉMA



ZATÍŽOVACÍ PLOCHA STOUPKU CCA $1,5 \times 4 = 6 \text{ m}^2$

ZATÍŽENÍ STALÉ

$$G_k = \frac{6 \times 1,18 \text{ kN/m}^2}{\text{cca } 350} = 8,64 \text{ kN}$$

$$\text{SNÍH } S_k = 0,56 \text{ kN/m}^2 \cdot 6 = 3,36 \text{ kN}$$

$$Q_k = 8,64 + 3,36 = 12 \text{ kN}$$

$$Q_d = 8,64 \cdot 1,35 + 3,36 \cdot 1,5 = 16,7 \text{ kN}$$

$$\text{max } M^d = \frac{16,7 \cdot 0,32 \cdot 2,67}{2,94} = 4,8 \text{ kNm}$$

$$\text{max } M^d < M_{ypl} = 29,12 \text{ kNm}$$

\Rightarrow VYHOVÍ IPE 160

VÝPOČET NOSNÍKU NA PŮDLOST 2,56 m
ZATÍŽENÝCH V MÍSTĚ VYROVNAVACÍ SCHODŮ

$$l_s = 2,56 \text{ m} \quad l = 1,05 \cdot 2,56 = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{ZATÍŽOVACÍ ŠÍŘKA: } \frac{1,15 + 1,3}{2} = 1,225 \text{ m}$$

ZATÍŽENÍ: (MIMO VL. HNOT. NOSNÍKŮ)

$$\begin{aligned} \text{PLECH } 0,1 \cdot 1,225 & \dots \dots \dots 0,123 \text{ kN/m} \\ \text{DESKA + PODLAHA } 1,225 \cdot 3,95 & \text{ kN/m}^2 = 4,839 \text{ kN/m} \\ \text{PRŮČKA PODEŠVÍ} & \quad \quad \quad 1,2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$g^k = 6,16 \text{ kN/m}$$

$$\text{UČETNÉ } 3,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,225 = 3,68 \text{ kN/m} = p^k$$

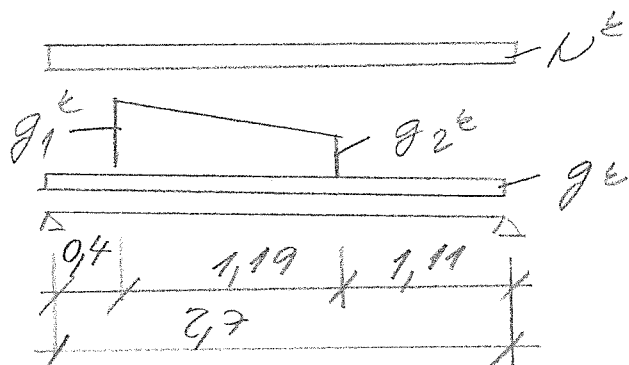
ZATÍŽENÍ OD SCHODŮ:

$$g_1 = 0,75 \text{ m} \cdot 0,24 \cdot 25 = 4,5 \text{ kN/m}$$

$$g_2 = 0,75 \cdot 0,2 \cdot 25 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 6 \text{ kN/m}^3 = 5,7 \text{ kN/m}$$

YTONG

STATICKÉ SCHÉMA:



PŘEDPOKLAD
IPE 160

VÝPOČET PROGRAMEM
SCIA ENGINEER

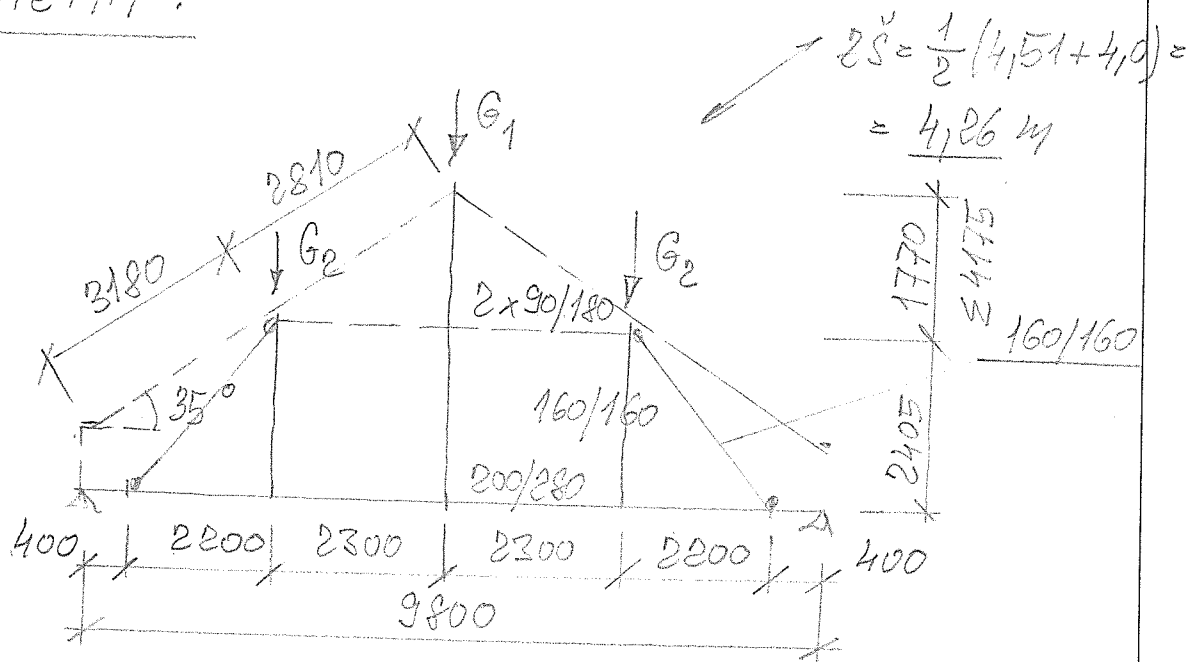
$$\text{DEFORMACE} \quad \delta = 5,1 \text{ mm} < \frac{2700}{400} = 6,75 \text{ mm}$$

$$\max M^d = 16,6 \text{ kNm} < 29,12 \text{ kNm} = M_{yk}$$

=> NOSNÍK IPE 160 VYHODI

POSOUZENÍ PLNĚ VÁZBY :

SCHEMA :



ZATÍŽENÍ :

ZS1 - g_0 ... GENERUJE SCIA

ZS2 - Δg_k : TĚŽKA STŘECHY

$$g_k = 1.18 \text{ kN/m}^2 \quad G_{k1} = 1.18 \cdot 2.81 \cdot 4.26 = 14.13 \text{ kN}$$

$$G_{k2} = 1.18 \cdot 0.5 \cdot \frac{(3.18 + 2.81)}{3.0} \cdot 4.26 = 15.08 \text{ kN}$$

STR. - 41

ZS3 - SNÍH :

$$\alpha = 35^\circ : s_{w1} = 0.8 \cdot (60 - \alpha) / 30 = 0.8 \cdot (60 - 35) / 30 = 0.67$$

$$s_k = 0.70 \cdot 0.67 = 0.47 \text{ kPa}$$

$$S_{k1} = 0.47 \cdot 2.13 \cdot 4.26 = 4.61 \text{ kN}$$

$$S_{k2} = 0.47 \cdot 2.45 \cdot 4.26 = 4.91 \text{ kN}$$

Zatížení větrem :

→ **určení maximálního dynamického tlaku $q_p(z)$ ve výšce $z_e = 13,80$ m**

Přeloč : II. Větrná oblast ... $v_{b,0} = 25,0$ m/s

kategorie terénu – IV ... město

Střední rychlost větru $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z / z_0)$$

kategorie terénu podle ČSN EN 1991-1-4IV → $k_r = 0,234$

$$z = z_e = 13,8 \text{ m} > z_{\min} = 10 \text{ m}$$

$$c_r(z) = 0,234 \cdot \ln(13,8 / 1,0) = 0,614$$

$$v_m(z) = 0,614 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 15,35 \text{ m/s}$$

$$\text{intenzita turbulence } I_v(z) = k_t / [c_0(z) \cdot \ln(z / z_0)] = 1,0 / [1,0 \cdot \ln(13,8 / 1,0)] = 0,381$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = (1 + 7 \cdot 0,381) \cdot (1/2) \cdot 1,25 \cdot 15,35^2 = 540 \text{ Pa}$$

$$C_r(z) = 0,234 \cdot \ln\left(\frac{13,8}{1,0}\right) = 0,614$$

$$v_m(z) = 0,614 \cdot 1,0 \cdot 25 = 15,35 \text{ m/s}$$

$$I_w(z) = \frac{k_z}{C_r(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(13,8/1,0)} = 0,381$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_w(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) =$$

$$= (1 + 7 \cdot 0,381) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 15,35^2 = 540 \text{ N/m}^2$$

SEDLOVÁ STŘECHA ... $\alpha = 35^\circ$:

$$e = \text{MIN.} (b = 41 \text{ m}; 2 \cdot l = 2 \cdot 13,8 = 27,6 \text{ m})$$

$$\text{PRUH } e/10 = 27,6/2 = 2,76 \text{ m}$$

$$\text{OBLAST } G: C_{pe} = +0,70 \quad \dots \quad w_e = 0,7 \cdot 0,54 = 0,38 \text{ kPa}$$

$$H: C_{pe} = 0,467 \quad \dots \quad w_e = 0,467 \cdot 0,54 = 0,25 \text{ kPa}$$

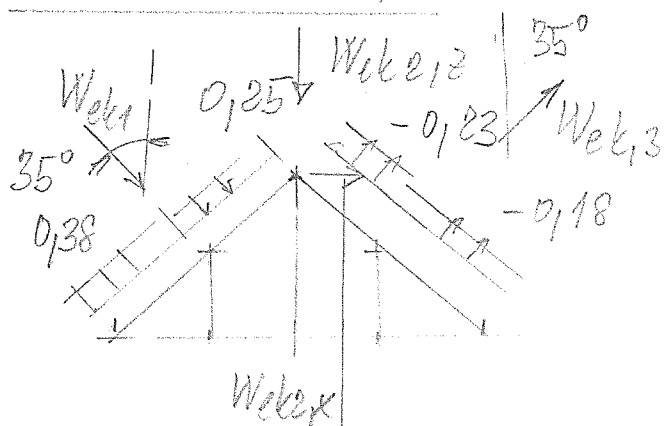
$$J: C_{pe} = -0,433 \quad \dots \quad w_e = -0,433 \cdot 0,54 =$$

$$(U \text{ HŘEBENU}) \quad = -0,23 \text{ kPa}$$

$$I: \quad \dots \quad w_e = -0,333 \cdot 0,54 =$$

$$= -0,18 \text{ kPa}$$

VÍTR - SCHEMA:



$$W_{ek,1} = 0,38 \cdot 0,5 \cdot 3,18 \cdot 4,26 + 0,25 \cdot 2,81 \cdot 0,5 \cdot 4,26 =$$

$$= 4,07 \text{ kN}$$

$$W_{ek,1,2} = 4,07 \cdot \cos 35^\circ = 3,33 \text{ kN}$$

$$W_{ek,1,x} = 4,07 \cdot \sin 35^\circ = \underline{2,33 \text{ kW}}$$

$$W_{ek,2,z} = (0,25 \cdot 2,81 \cdot 0,5 \cdot \cos 35^\circ - 0,23 \cdot 2,81 \cdot 0,5 \cdot \cos 35^\circ) \cdot 4,26 = \underline{0,09 \text{ kW}}$$

$$W_{ek,2,x} = (0,25 \cdot 2,81 \cdot 0,5 \cdot \sin 35^\circ + 0,23 \cdot 2,81 \cdot 0,5 \cdot \sin 35^\circ) \cdot 4,26 = \underline{1,65 \text{ kW}}$$

$$W_{ek,3} = (0,23 \cdot 0,5 \cdot 2,81 + 0,18 \cdot 0,5 \cdot 3,18) \cdot 4,26 = \underline{2,60 \text{ kW}}$$

$$W_{ek,3,z} = 2,60 \cdot \cos 35^\circ = \underline{2,13 \text{ kW}}$$

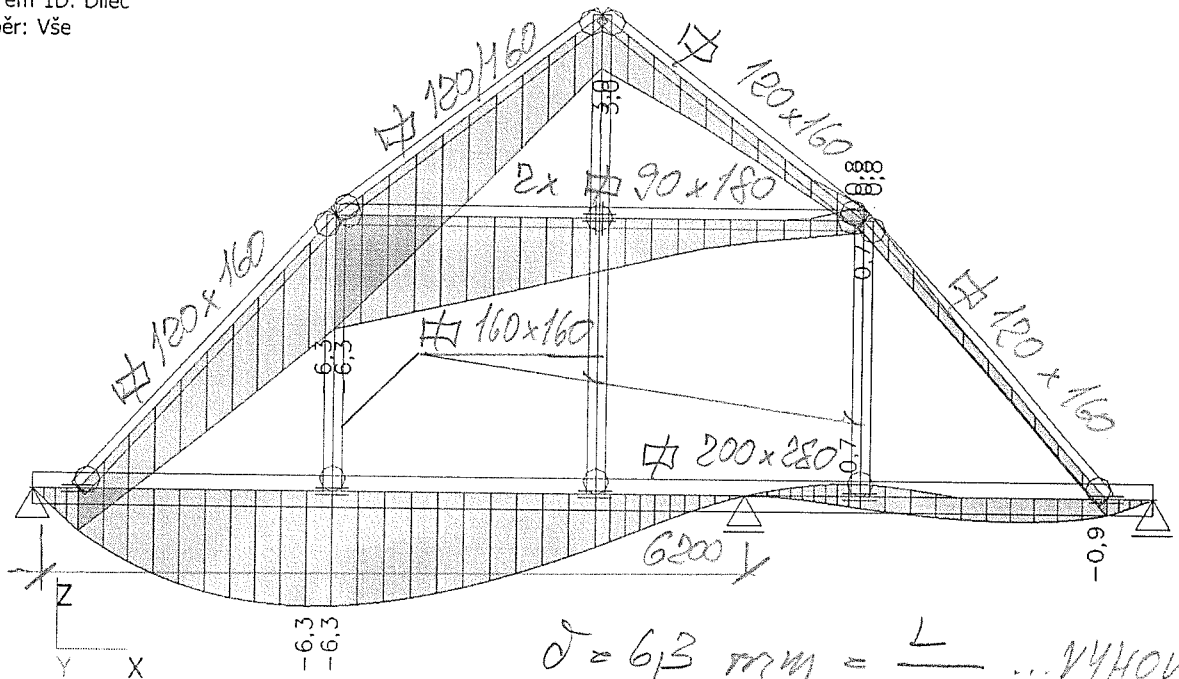
$$W_{ek,3,x} = 2,60 \cdot \sin 35^\circ = \underline{1,49 \text{ kW}}$$

VÝPOČET PROGRAMEM SOIA :

Plná vazba krovu – výsledky výpočtu programem Scia

1. MSP-Char. ... 1D deformace; u_z

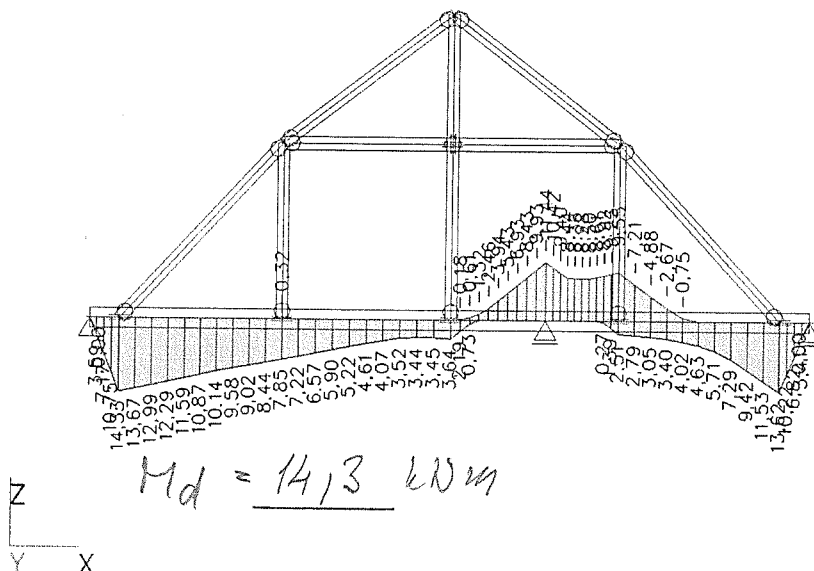
Hodnoty: u_z
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



$$\sigma = 6,3 \text{ mm} = \frac{L}{984} \dots \text{VÝHOVNĚ}$$

2. MSÚ-1D vnitřní síly; M_{yd}

Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Řez
Výběr: B1



$$M_d = 14,3 \text{ kNm}$$

3. MSÚ - 1D vnitřní síly; N_d

Hodnoty: N

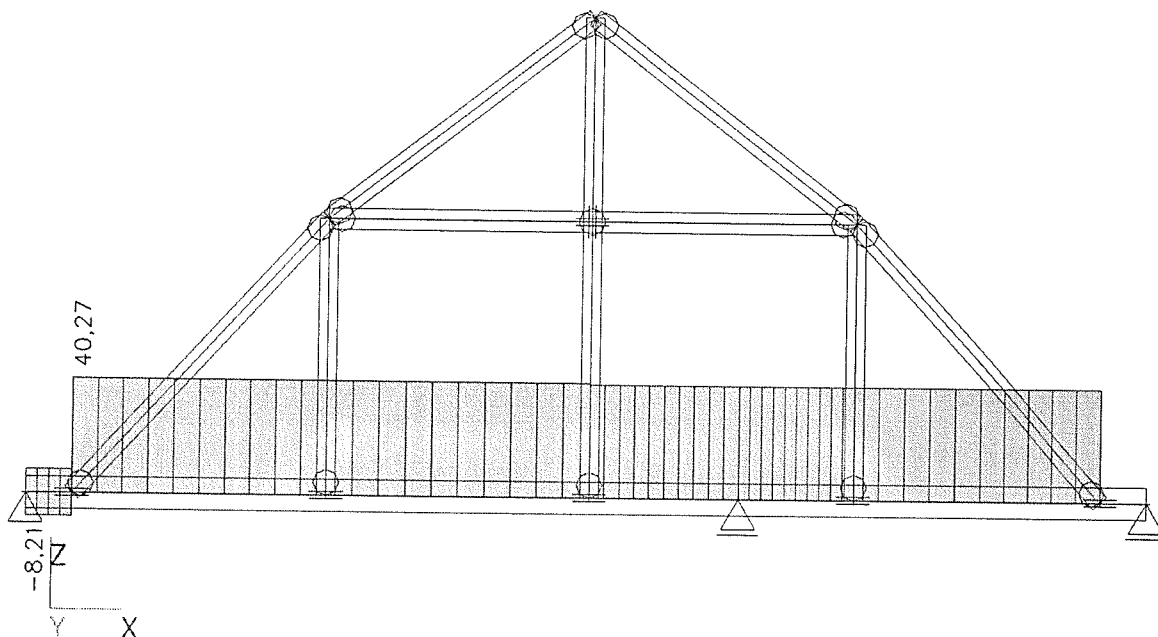
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

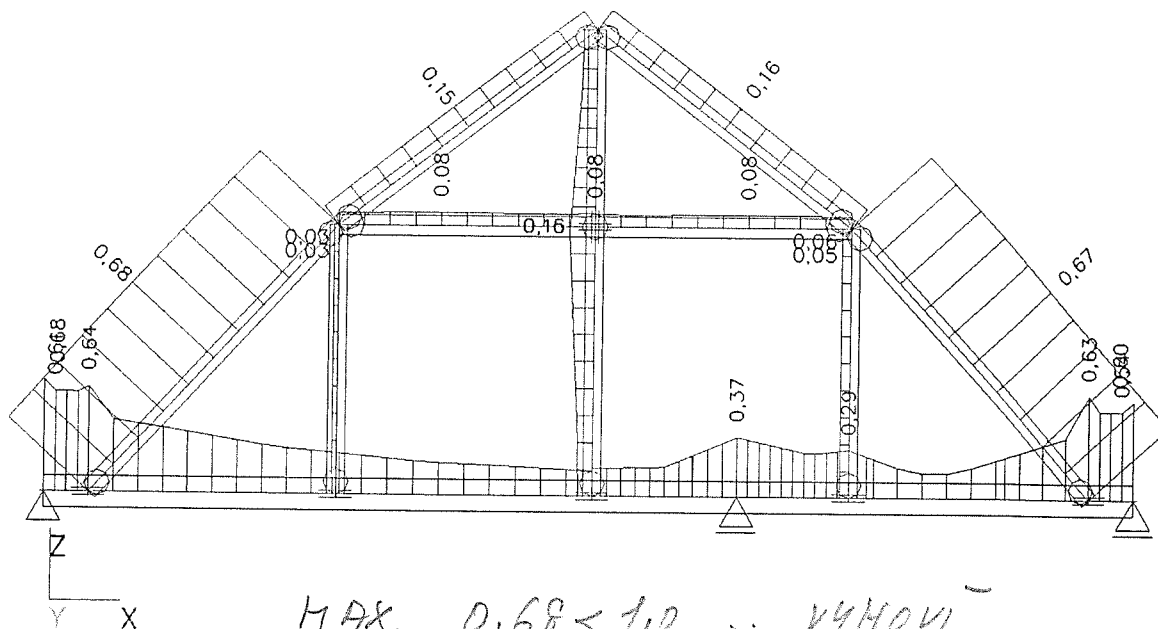
Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B1

**4. MSÚ - Posudek dřeva podle MSÚ; Jedn. posudek**

ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ... POUZE STAĚ ...
 $\dots 1,35 \cdot (2S1 + 2S2) \rightarrow k_{mod} = \underline{0,60} !$



MAX. $\underline{0,68} < 1,0 \dots \text{VÝHOVNĚ}$

NÁHRADA NARADENÉHO VAZNÉHO TRÁMLU
200 x 280 mm NA DÉLCE 1,70 m +
+ STYK VAZNÉHO TRÁMLU

TAHOVÁ SÍLA $N_d = 40,3 \text{ kN}$

$M_d = 14,3 \text{ kNm}$

NÁVRH ... SVORNÍKY $d = 20 \text{ mm}$

VZDALENOSTI SVORNÍKŮ:

a_1 : ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

$\alpha = 0 \dots \text{MIN. } a_1 \text{ (ROZTEČ)} =$

$$= (4 + \cos \alpha) \cdot d = (4 + \cos 0^\circ) \cdot 20 =$$

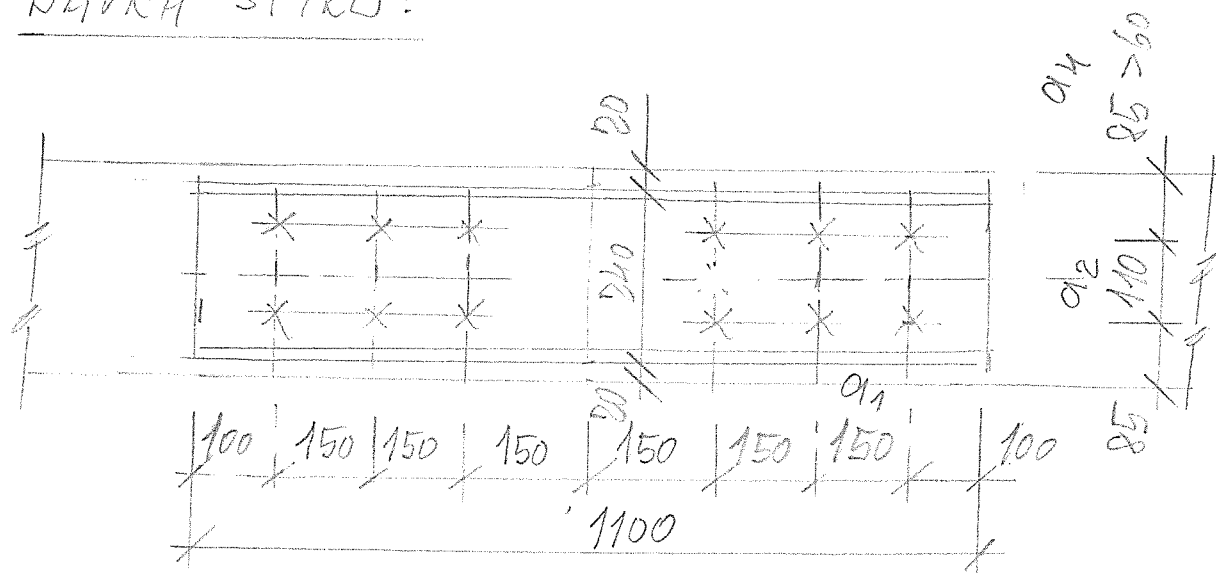
$$= 5 \cdot 20 = 100 \text{ mm}$$

KOLMO K VLÁKNŮM: $a_2 = 4 \cdot d = 4 \cdot 20 = 80 \text{ mm}$

a_3 (ZATÍŽENÝ KONEC) = MAX $(7d = 7 \cdot 20 = 140 \text{ mm})$

a_4 (ZATÍŽENÝ OKRAJ) = $3d = 3 \cdot 20 = 60 \text{ mm}$

NÁVRH STYKU:



$$n = \text{MIN} \left\{ n = 3; n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{q_1}{13 \cdot d}} = 3^{0,9} \sqrt[4]{\frac{150}{13 \cdot 20}} = \right.$$

$$= \underline{2,34} \quad \dots \text{UVAŽUJI 2 SVORKY V ŘADĚ}$$

$$N_d = 40,3 \text{ kN} \quad \Delta M_d = 14,3 \text{ kNm}$$

$$M_d = \frac{14,3}{\text{klm}} \quad N_d = 40,3 \text{ kN}$$

4 SVORKY $e = 0,11 \text{ m}$

ÚČINKY OD MOMENTU:

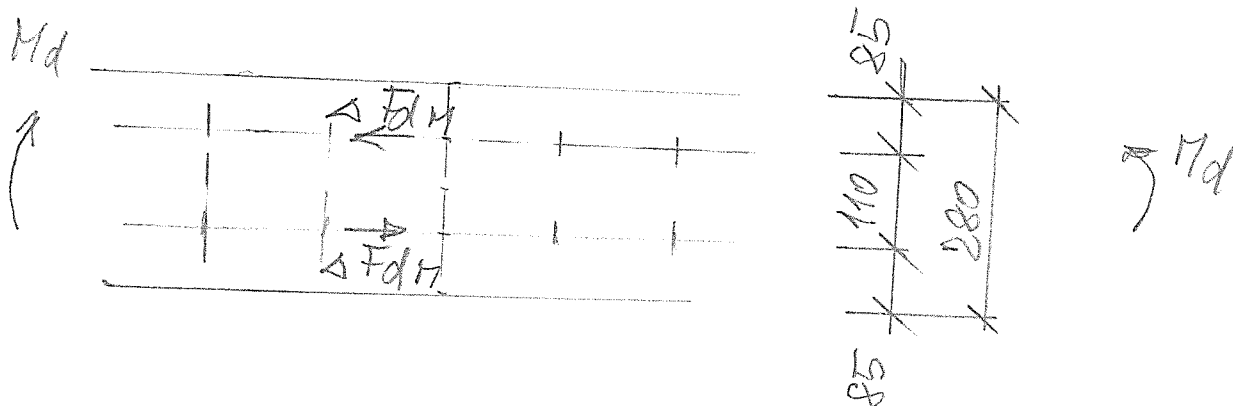
$$\Delta F_d = \frac{M_d}{2 \cdot e} = \frac{14,3}{2 \cdot 0,11} = \underline{65,0 \text{ kN}}$$

SMYKOVÁ SÍLA VE SVORKU:

$$F_{d1} = 65,0 + \frac{40,3}{4} = \underline{75,1 \text{ kN}}$$

DVOUSTŘEŠNÝ STOJ - NA 1 STŘEH:

$$F_{d1,s} = \frac{1}{2} \cdot 75,1 = \underline{37,6 \text{ kN}}$$



$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 340 = 21,189 \text{ MPa}$$

$$F_{d,Ek} = \underline{27\,733\text{ N}} = \underline{27,73\text{ kN}} < F_{d,1s} = \underline{37,6\text{ kN}}$$

SVORNÍK $\phi 24\text{ mm}$ NEVYHOVÍ

SVORNÍK M20 - TŘÍDA 8.8 ... DIN 976

$$f_{uk} = \underline{800\text{ MPa}}$$

$$M_{y,Ek} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2/6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 20^{2/6} =$$

$$= \underline{579\,281\text{ Nmm}}$$

$$F_{d,Ek} = 1,15 \sqrt{2 \cdot M_{y,Ek} \cdot f_{h,2,Ek} \cdot d} =$$

$$= 1,15 \sqrt{2 \cdot 579\,281 \cdot 22,3 \cdot 20} = \underline{26\,141\text{ N}} =$$

$$= \underline{26,14\text{ kN}} < F_{d,1s} = \underline{37,6\text{ kN}}$$

SVORNÍK M24 - TŘÍDA PEVNOSTI 8.8 ...
... DIN 975

$$M_{y,Ek} = 0,3 \cdot 800 \cdot 24^{2/6} = \underline{930\,594\text{ Nmm}}$$

$$F_{d,Ek} = 1,15 \sqrt{2 \cdot 930\,594 \cdot 21,189 \cdot 24} =$$

$$= \underline{35\,380\text{ N}} = \underline{35,38\text{ kN}} < F_{d,1s} = \underline{37,6\text{ kN}}$$

ZMĚNA ... 2x4 SV. M24 - 8.8

$$\boxed{n=4} \rightarrow 4^{0,9} \sqrt{\frac{200}{13 \cdot 24}} = \underline{3,11} \rightarrow \underline{3\text{ STYČ.}}$$

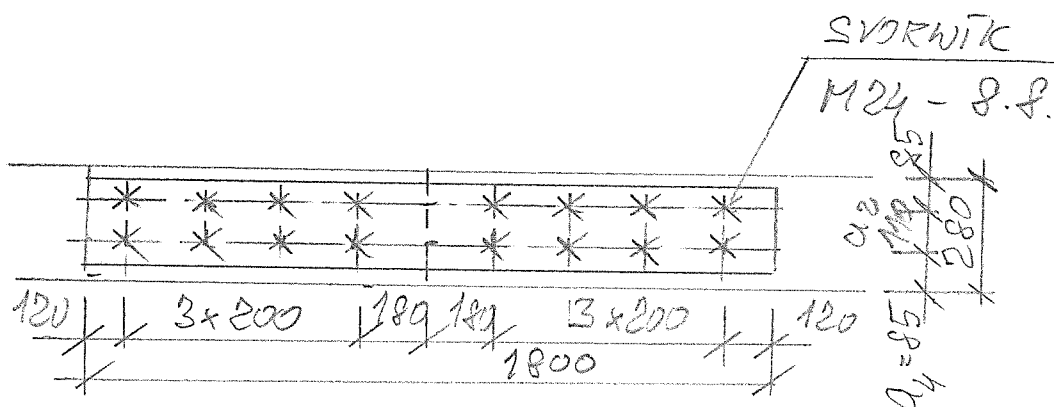
$$\text{NÍKÝ ... } F_d = \frac{1}{3} \cdot \frac{14,3}{0,11} + \frac{40,3}{4} = \underline{53,41\text{ kN}}$$

(PŮSOBÍ)

$$\text{NA 1 STŘÍH: } F_{d,1s} = \frac{1}{2} \cdot 53,41 = \underline{26,71\text{ kN}} <$$

$$< F_{d,Ek} = \underline{37,6\text{ kN}}$$

VÝSLEDNÝ NÁVEH:



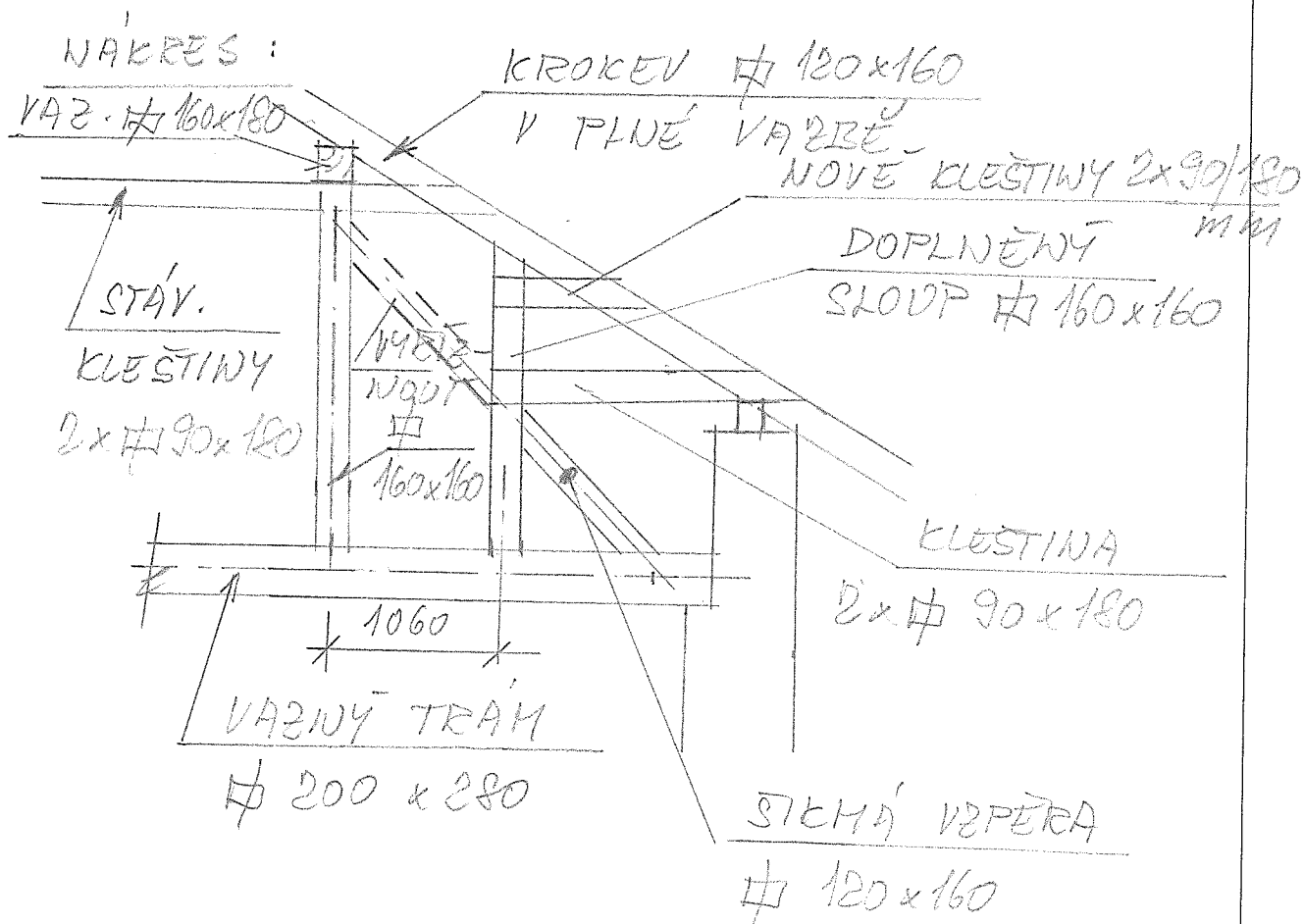
$$a_1 = \underline{200 \text{ mm}} > a_{1, \text{min}} = 5 \cdot d = 5 \cdot 24 = \underline{120 \text{ mm}}$$

$$a_2 = \underline{110 \text{ mm}} > = 4 \cdot d = 4 \cdot 24 = \underline{96 \text{ mm}}$$

$$a_3 = \underline{180 \text{ mm}} > = 7 \cdot d = 7 \cdot 24 = \underline{168 \text{ mm}}$$

$$a_4 = \underline{85 \text{ mm}} > = 3 \cdot d = 3 \cdot 24 = \underline{72 \text{ mm}}$$

ÚPRAVY PLNÝCH VAZEB KROUV ... 3x
Z DISPOZIČNÍCH DŮVODŮ JE NUTNO VYŘEŠIT
NOUT ČÁST ŠIKHÉ VZPĚRY

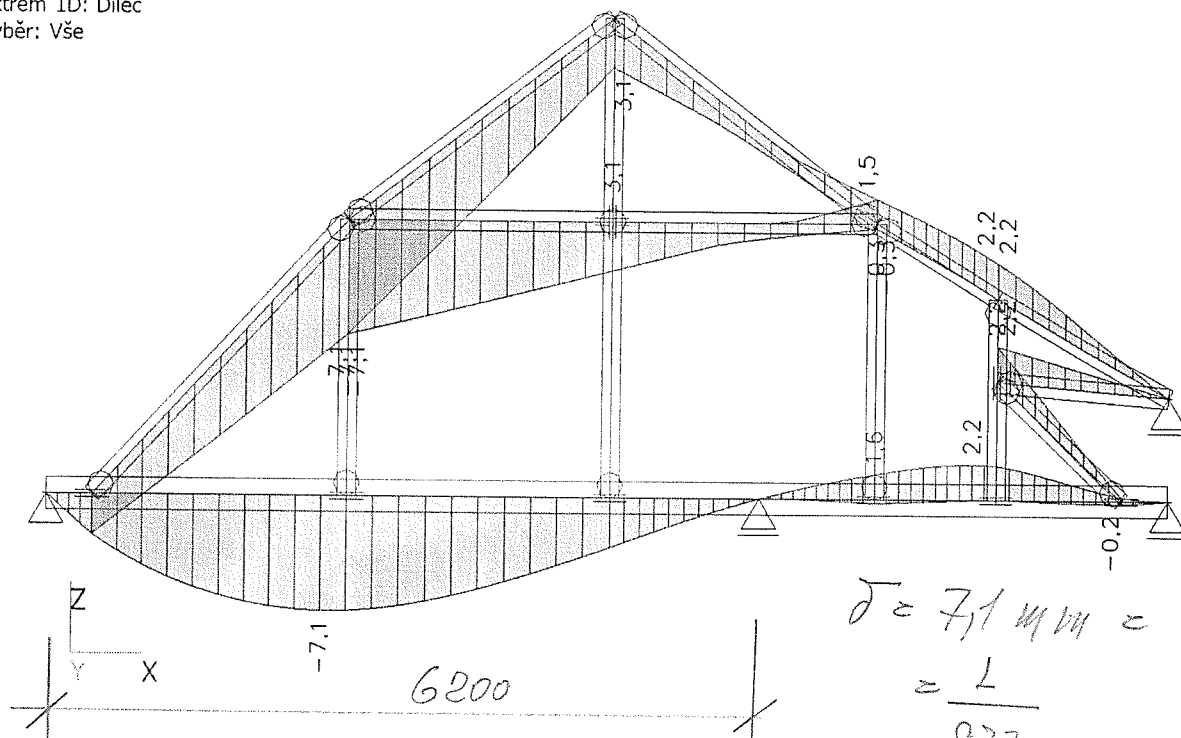


NUTNO ZKONTROLOVAT + PŘÍPADNĚ DOPLNIT
STYKY VŠECH PRVKŮ !

→ UPŘESNIT ŘEŠENÍ NA STAVBĚ
ZA PŘÍTOMNOSTI STATIKA !

1. MSP-Char. ... 1D deformace; u_z

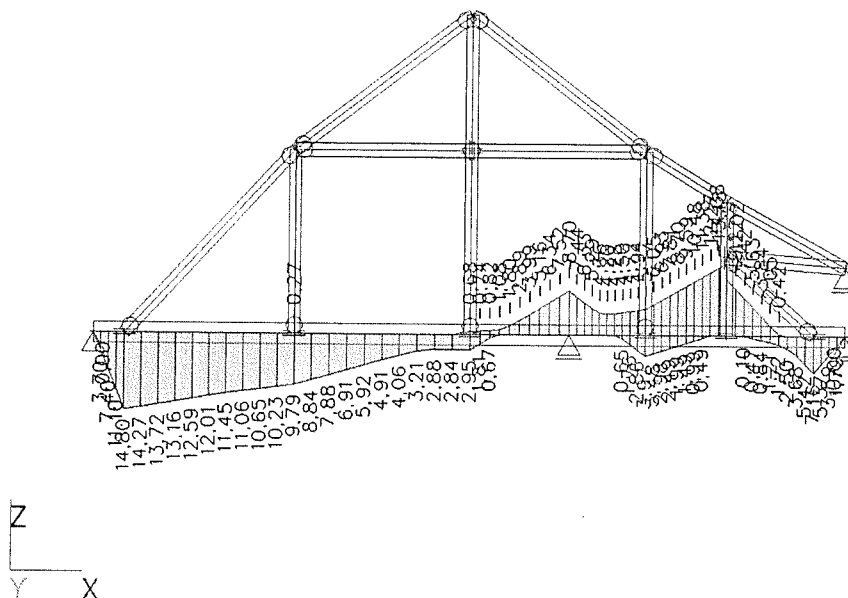
Hodnoty: u_z
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



$$\sigma = 7,1 \text{ mm} = \frac{L}{873} \text{ VYHOVI}$$

2. MSÚ-1D vnitřní síly; M_{yd}

Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Řez
Výběr: B1



3. MSÚ - 1D vnitřní síly; N_d

Hodnoty: N

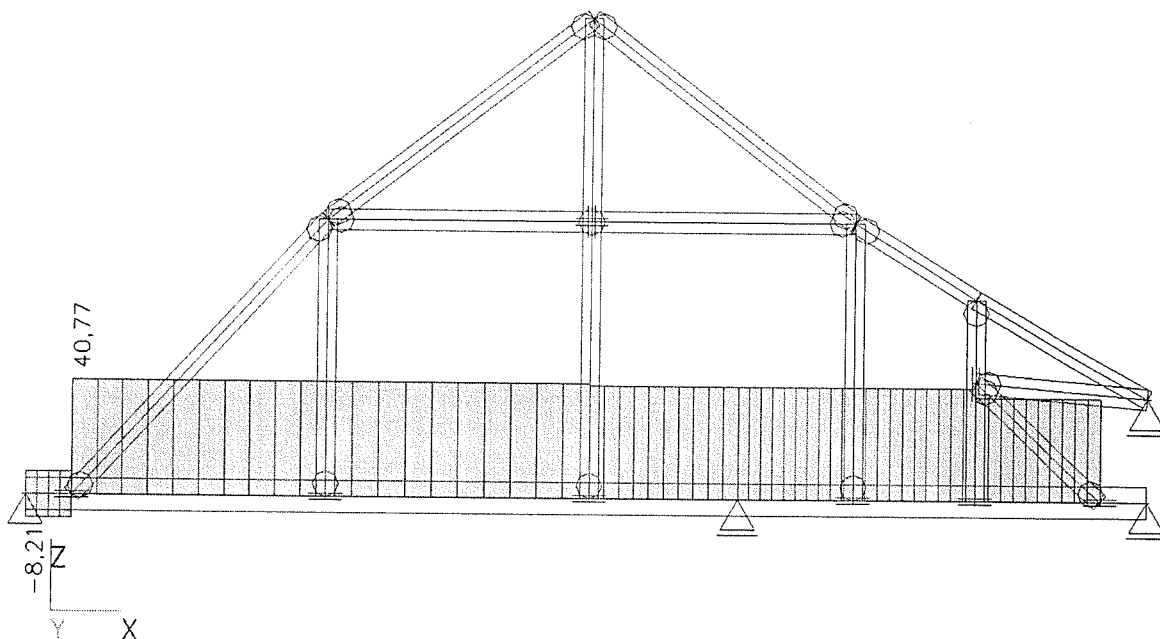
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

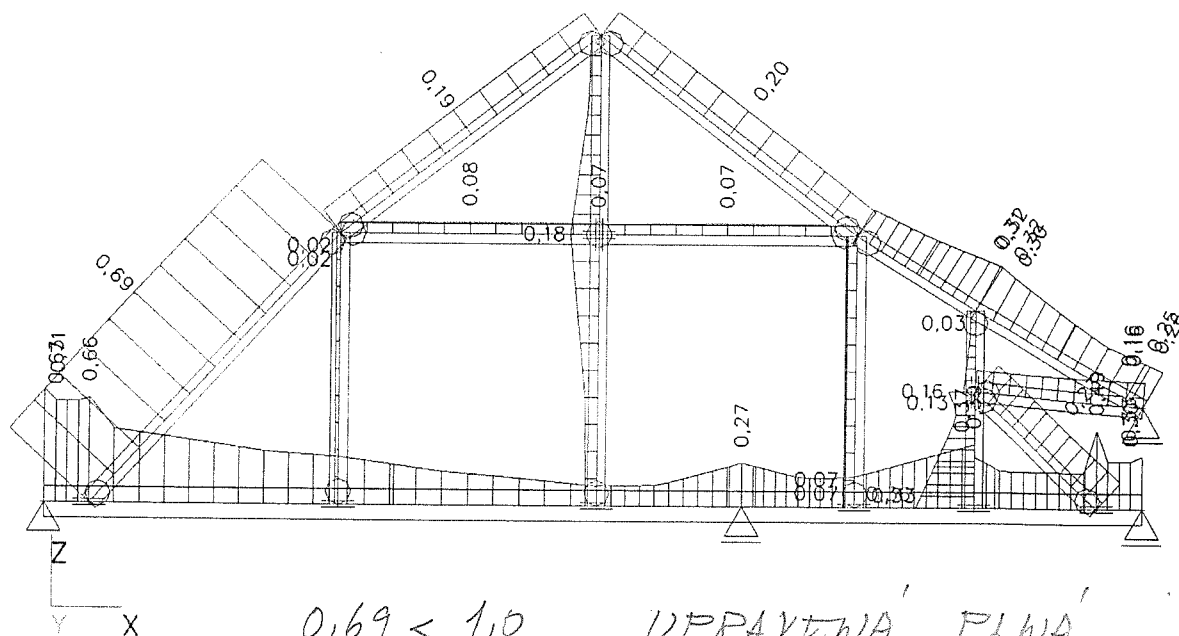
Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B1



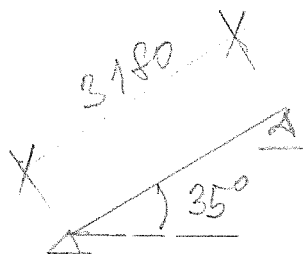
4. MSÚ - Posudek dřeva podle MSÚ; Jedn. posudek



0,69 < 1,0 ... UPRAVENÁ PLNÁ
VÁZBA VYKOVÍ

POSOUZENÍ DALŠÍCH PRVKŮ KROKVU :
(ORIENTAČNĚ)

1. KROKEV $\nabla 120 \times 160$ a $1,0$ m



$$g_0 \dots 5,0 \text{ kW/m}^3 \cdot 0,12 \cdot 0,16 = 0,10 \text{ kW/m}'$$

$$\text{STŘECHA} \dots \text{STR. -41-} \dots 1,18 \text{ kW/m}'$$

$$\text{— SNÍH} \dots 0,47 \text{ kW/m}^2 \quad g_k = 1,28 \text{ kW/m}'$$

$$\text{— VĚTR} \dots 0,38 \text{ kW/m}^2$$

$$\perp : \quad g_{k\perp} = 1,28 \cdot \cos 35^\circ = 1,05 \text{ kW/m}'$$

$$s_{k\perp} = 0,47 \cdot \cos^2 35^\circ = 0,32 \text{ kW/m}'$$

$$w_{k\perp} = 0,38 \text{ kW/m}'$$

$$f_d = \text{MAX} \{ 1,35 \cdot 1,05 + 1,5 \cdot 0,15 \cdot 0,32 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,38 =$$

$$= 2,0 \text{ kW/m}'$$

$$1,15 \cdot 1,05 + 0,75 \cdot 0,32 + 1,5 \cdot 0,38 =$$

$$= 2,02 \text{ kW/m}$$

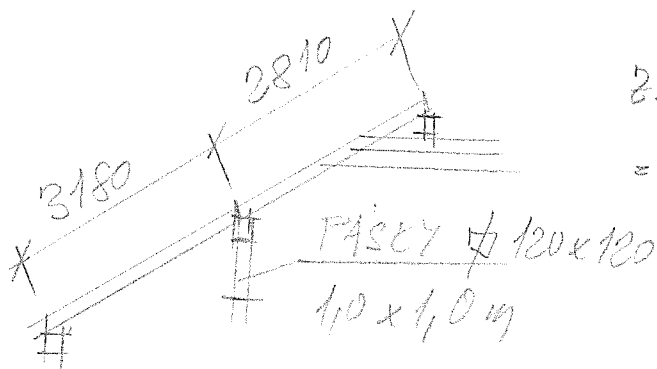
$$M_d = \frac{1}{8} \cdot 2,02 \cdot 3,18^2 = 2,55 \text{ kWm}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot 12 \cdot 16^2 = 512 \text{ cm}^3$$

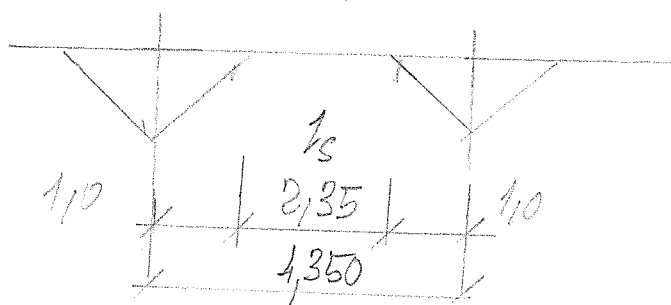
$$\sigma_d = \frac{M_d}{W_d} = \frac{2,55}{512 \cdot 10^{-6}} = 4980 \text{ kPa} \rightarrow \text{KROKEV}$$

$$\nabla 120/160 \text{ VYHOVÍ}$$

STŘEDNÍ VAŽNICE $\nabla 160 \times 180$ - POSOUZENÍ



$$z_s^v = \frac{1}{2} \cdot (3,18 + 2,81) = 3,0 \text{ m}$$



OSN 731701 / r. 83:

$$l_t = \frac{l^2}{2 \cdot z - z_s} = \frac{4,35^2}{2 \cdot 4,35 - 2,35} = 2,98 \text{ m} > 0,6 \cdot l = 0,6 \cdot 4,35 = 2,61 \text{ m}$$

ZATÍŽENÍ:

$$g_0 = 5,10 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,16 \cdot 0,18 = 0,14 \text{ kN/m}^1$$

$$\text{TÍHA STŘECHY} = 1,18 \cdot 3,0 = 3,54$$

$$g_k = 3,68 \text{ kN/m}^1$$

SNÍH : $z_s^p = 3,0 \cdot \cos 35^\circ = 2,46 \text{ m}$

$$s_{k1} = 0,47 \cdot 2,46 = 1,16 \text{ kN/m}^1$$

VÍTR :

$$w_k = 0,38 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,0 \cdot \cos 35^\circ = 0,93 \text{ kN/m}^1$$

f_d : VÝRAZ B.1:

$$f_d = \frac{1,35 \cdot 3,68 + 0,75 \cdot 1,16 + 0,9 \cdot 0,93}{4,97} = 6,68 \text{ kN/m}^1$$

VÝRAZ B.2:

$$f_d = 1,15 \cdot 3,68 + 1,5 \cdot 1,16 + 0,9 \cdot 0,93 = 6,81 \text{ kN/m}^1$$

$$M_d = \frac{1}{8} \cdot 6,81 \cdot 2,98^2 = 7,56 \text{ kNm}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot 16 \cdot 18^2 = 864 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{7,56}{864 \cdot 10^{-6}} = 8750 \text{ kPa} = 8,75 \text{ MPa} <$$

$$< f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,3} = 16,61 \text{ MPa}$$

$$0,527 < 1,0$$

- POUZE STÁLE ZATÍŽENÍ:

$$M_d = \frac{1}{8} \cdot 4,97 \cdot 2,98^2 = 5,52 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{5,52}{864 \cdot 10^{-6}} = 6389 \text{ kPa} = 6,39 \text{ MPa} <$$

$$< f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 0,6 \cdot \frac{24}{1,3} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$0,577 < 1,0$$

→ STŘEDNÍ VÁŽNICE 160 x 180 VYHOVÍ
S REZERVOU (PŘENESE 1 ZATÍŽENÍ
OD VĚCHOVÉ VÁŽNICE)

8. 2019

Jimly