

KOMUNITNÍ CENTRUM MÁŠLOVICE

Rekonstrukce hospody

Pražská č.p.128, 250 69 obec Máslovice

1.2. – STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ČÁST
1.2.b) – PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET

STUPEŇ DOKUMENTACE: DPS
Dokumentace pro provedení stavby

Únor 2021

Zakázka č.: 50020

STAVEBNÍK: **Obec Máslovice, Pražská 18, Máslovice**
V zastoupení: Ing. Vladimíra Sýkorová

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT: **Ing. Miloslav Smutek Ph.D., ČKAIT 0003778**

VYPRACOVAL: **Ing. Milan Klášterka, IČO: 74679279**
milan.klasterka@gmail.com

OBSAH

STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ČÁST – TECHNICKÁ ZPRÁVA	- 2 -
1. ÚVOD	- 2 -
2. SEZNAM POUŽITÝCH PODKLADŮ: PŘEDPISŮ, ČSN, LITERATURY	- 2 -
2.1. Použité programy	- 3 -
2.2. Použitá literatura	- 3 -
3. POPIS NOSNÉ KONSTRUKCE	- 3 -
4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY VE VÝPOČTECH KONSTRUKCÍ.....	- 3 -
4.1. Betony podle ČSN EN 1992-1-1 (ČSN EN 206).....	- 3 -
4.2. Měkká výztuž podle ČSN EN 1992-1-1	- 4 -
4.3. Konstrukční oceli podle ČSN EN 1993-1-1:2006 dle EN 10025-2; Třída oceli podle ČSN EN 10027 - 4 -	
4.4. Rostlé dřevo podle ČSN EN 338.....	- 4 -
4.5. Lepené lamelové dřevo podle ČSN EN 1194	- 4 -
5. VÝPOČTOVÝ MODEL	- 5 -
5.1. Výpočetní program	- 5 -
5.2. Celkové modely	- 5 -
6. VÝPOČETNÍ APARÁT - FEM VÝPOČTY	- 5 -
6.1. Program RENEX3D	- 5 -
6.2. Programy FINE EC	- 14 -
7. ZATĚŽOVACÍ STAVY A JEJICH KOMBINACE	- 14 -
7.1. Kombinace podle metodiky EN 1990:2004	- 14 -
8. ZATÍŽENÍ A JEJICH KOMBINACE BYLY GENEROVÁNY DLE PLATNÝCH NOREM	- 16 -
9. ZÁVĚR ZE STATICKÉHO POSUDKU	- 18 -

STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ČÁST – TECHNICKÁ ZPRÁVA

Dokumentace vyhotovena dle vyhlášky č. 405/2017 Sb., částka 144 ze 7.12.20017 o dokumentaci staveb ve znění Vyhlášky č. 62/2013 Sb.

1. ÚVOD

Předmětem části dokumentace je návrh a posouzení rekonstrukce hospody na muzeum v ulici Pražská 128 v obci Máslovice, katastrální území Máslovice [692221], z důvodu změny účelu objektu.

Cílem projektu je odstranění části svislých nosných a nenosných konstrukcí odstranění krovové soustavy. V objektu je nutné z důvodu změny užívání odstranit stropní konstrukci 1.NP a nahradit novou stropní konstrukcí. Dále je nutné provést rekonstrukci krovové soustavy, z důvodu nedostačujících dimenzí. Bude provedena kontrola základových konstrukcí a jejich zesílení a doplnění.

Všechny zde zmíněné výrobky lze zaměnit za jakékoliv jiné výrobky, které mají stejné nebo lepší vlastnosti než ty, které jsou zde popsány.

2. SEZNAM POUŽITÝCH PODKLADŮ: PŘEDPISŮ, ČSN, LITERATURY

Obsah dokumentace:

Rozsah a obsah projektové dokumentace odpovídá dokumentaci pro stavební povolení.

Zásady navrhování konstrukcí:

Dle ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

Dle ČSN ISO 13822 – Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí (73 0038) – Srpen 2005

ČSN EN 338 Konstrukční dřevo – třídy pevnosti

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

Zatížení konstrukcí:

Dle ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1:Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

Dle ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1:Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

Dle ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1:Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem

Posouzení betonových konstrukcí:

Dle ČSN EN 1992-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla.

Posouzení ocelových konstrukcí:

Dle ČSN EN 1993-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla.

Posouzení dřevěných konstrukcí:

Dle ČSN EN 1995-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla.

Posouzení zděných konstrukcí:

Dle ČSN EN 1996-1 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla pro vyztužené i nevyztužené zděné konstrukce.

Posouzení geotechnických konstrukcí:

Dle ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla.

2.1. Použité programy

- RENEX3D – pro výpočet vnitřních sil a návrh železobetonové konstrukce
- FIN – pro výpočet dimenzí ocelových a dřevěných prvků dle mezních stavů
- Microsoft Office
- Tabulkové procesory Excel, © RECOC s.r.o.

2.2. Použitá literatura

- [1] Architektonicko-stavební řešení, atelier bod architekti s.r.o., 02/2021
- [2] Programy FINE – uživatelské manuály
- [3] Manuál k programu RENEX3D, RECOC s.r.o., 2013
- [4] Uživatelský a teoretický manuál programu RENEX3D, verze 7.01, RECOC, s.r.o.

3. POPIS NOSNÉ KONSTRUKCE

Objekt stojí v katastrálním území Máslovice [692221]. Nachází se v ulici Pražská č.p. 128 v obci Máslovice, Praha-východ. Na parcele objekt sousedí s hospodou č.p. 203-9/1. Mezi objekty se nachází zpevněný dvůr, ze kterého je vedlejší vstup do objektu muzea. Hlavní vchod do objektu je z místní komunikace na západní straně.

Projektová dokumentace pro stavební povolení řeší rekonstrukci hospody na muzeum másla a dílnu pro výrobu másla. Objekt o jednom nadzemním podlaží s podkrovím není podsklepen a je zastřešen sedlovou střechou.

Základové konstrukce budou doplněny a zesíleny. Budou provedeny nové podkladní desky na terénu. Stávající zdivo bude místy probouráno a jinde doplněno. Bude provedený nový strop a celá konstrukce dřevěného krovu v původním tvaru.

4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY VE VÝPOČTECH KONSTRUKCÍ

4.1. Betony podle ČSN EN 1992-1-1 (ČSN EN 206)

Značka	EN 206	f_{cm} [MPa]	f_{ctm} [MPa]	E_{cm} [GPa]	γ [kg/m ³]
C12/15	C12/15	20	1,6	27	2500
C16/20	C16/20	24	1,9	29	2500
C20/25	C20/25	28	2,2	30	2500
C25/30	C25/30	33	2,6	31	2500
C30/37	C30/37	38	2,9	33	2600
C35/45	C35/45	43	3,2	34	2600
C40/50	C40/50	48	3,2	35	2600
C50/60	C50/60	58	4,1	37	2600
C70/85	C70/85	78	4,6	41	2600
C80/95	C80/95	88	4,8	42	2600
Poissonova konstanta	0,2	Součinitel tepelné roztažnosti			$10 \cdot 10^{-6} K^{-1}$

C-15	C-17,5	C8/10		C12/15	C16/20	C20/25	C25/30		C30/37		C35/45	C45/55
B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35		B40	B45	
	0	I	II		III					V		
(80)	(105)	(135)	(170)		(250)			(400)			(500)	(600)

4.2. Měkká výztuž podle ČSN EN 1992-1-1

Značka	f_{yk} [MPa]	f_{yd} [MPa]	E_s [GPa]
10505	490	426,1	200
BSt 500	490	426,1	200
KARI	490	426,1	200

4.3. Konstrukční oceli podle ČSN EN 1993-1-1:2006 dle EN 10025-2; Třída oceli podle ČSN EN 10027

Třída oceli	f_y [MPa]	f_u [MPa]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	E_s [GPa]
Tloušťka [mm]	< 40		40 - 80		
S 235	235	360	215	360	210

Poissonova konstanta 0,3 Součinitel tepelné roztažnosti 12.10-6K-1

4.4. Rostlé dřevo podle ČSN EN 338

Konstrukční třída	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [GPa]	ρ [kg/m ³]
Jehličnaté						
C 16 (S7)	16	10	17	3,2	8	310
C 24 (S10)	24	14	21	4,0	11	350
C 30 (S13)	30	18	23	4,0	12	380
Listnaté						
D18	18	11	18	3,4	9,5	475
D24	24	14	21	4,0	10	485
D30	30	18	23	4,0	11	530

4.5. Lepené lamelové dřevo podle ČSN EN 1194

Konstrukční třída	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [GPa]	ρ [kg/m ³]
Homogenní						
GL 24h	24	16,5	24	2,7	11,6	380
GL 28h	28	19,5	26,5	3,2	12,6	410
Kombinované						
GL 24c	24	14	21	2,2	11,6	350
GL 28c	28	16,5	24	2,7	12,6	380

5. VÝPOČTOVÝ MODEL

5.1. Výpočetní program

Výpočty nosné konstrukce objektu byly obecně prováděny metodou konečných prvků (Finite Element Method) programem RENEX3D.

Výpočty byly prováděny jednak na celkových modelech konstrukce, jednak na jejích výsecích. Byly použity 1D prvky (pro trámy a sloupy), 2D skořepinové prvky pro modelování stropních desek a stěn.

5.2. Celkové modely

Celkový model konstrukce modeluje provozní stavy budovy ve stádiu užívání. Popisy vstupních dat výpočtu, jako jsou fyzikální parametry jednotlivých konstrukcí, geometrie konstrukce a její zatížení, jsou uvedeny v samostatných přílohách.

6. VÝPOČETNÍ APARÁT - FEM VÝPOČTY

6.1. Program RENEX3D

- Charakteristika programu

Konstrukce jako celek, její dílčí části nebo části dané postupem výstavby jsou řešeny metodou konečných prvků, konkrétně programem RENEX3D. Program RENEX3D používá řešiče a matematický aparát vyvinutý Prof. Dr. Ing. Vladimírem Kolářem DrSc., doc. Ing. Ivanem Němcem CSc. a řadou dalších staticů a matematiků v Dopravoprojektu Brno jako programy řady NEXX. Jeho vývoj v současné době pokračuje ve firmě FEM Consulting Brno. Řešiče jsou použity i v programech řady NEXIS, ESA a Dlubal Software. Vyznačují se značnou robustností a obrovskou numerickou stabilitou. Obstojí i ve srovnání s programy jako je ANSYS, DIANA a MARC, v lecčem je dokonce předčí. Metoda konečných prvků umožňuje řešení velkých a složitých konstrukcí s prakticky libovolnými okrajovými podmínkami mj. svoji stabilitou a robustností použitých řešičů. Model používá konečné prvky v deformační variantě. Obecně lze říci, že MKP je zobecněná Ritz-Galerkinova variační metoda, užívající báze funkcí s malým kompaktním nosičem, úzce spjatým se zvoleným rozdělením řešené oblasti na konečné prvky.

Ve výpočtu jsou použity plošné 2D prvky, které v sobě zahrnují membránový a ohybový stav namáhání. Použitý model umožňuje libovolnou kombinaci popsanych 2D prvků s prvky jednorozměrnými, ale i prostorovými. Jednorozměrné, tedy prutové prvky, mohou být připojovány excentricky k střednicové rovině plošného prvku. Dále jdou použity i prvky prostorové, tzv. bricky.

- Použité prvky

Pro systém NEXX byl nejprve vyvinut vlastní trojúhelníkový prvek s maticí tuhosti řádu 27, mající v každém vrcholu všech 6 stupňů volnosti bodu Cosseratova 2D kontinua a ve středech stran po třech stupních volnosti. Průběhy rotací jsou podél stran linearizovány. K tomuto prvku byl vyvinut plně kompatibilní 1D prvek s maticí tuhosti řádu 15, což je přirozený důsledek 6 parametrů na obou koncích a 3 parametrů ve středu prvku. Lze je klasifikovat jako statické řešení Cosseratovského modelu plošné a prutové konstrukce. V dalším vývoji byly trojúhelníkové 2D prvky nahrazeny praktičtějšími čtyřúhelníkovými při zachování širší báze funkcí. V určitých oblastech (určité okrajové podmínky, zahušťování sítě) jsou

používány oba typy prvků. Systém NEXX pracuje s deformační variantou MKP a využívá výhradně kompatibilní elementy. Pro ohyb plošných i prutových prvků je možno použít jak Kirchhoffovu tak Mindlinovu teorii. Prvky byly v poslední době doplněny o analogický prostorový prvek – brick, který je s popsány 1D a 2D prvky plně kompatibilní.

Z hlediska fyzikálních vlastností materiálů modelovaných prvků jsou úlohy řešeny jako finitní, pomocí členů matice fyzikálních konstant lze vystihnout vazby mezi napětími a deformacemi (ortotropie apod).

Pro modelování předpínací výztuže jsou použity speciální prutové prvky, které jsou k navazujícím plošným prvkům připojovány s excentricitami vyplývajícími z vertikálního trasování jednotlivých kabelů. Předpínací síla je vnášena jako poměrné přetvoření kabelu po odečtení krátkodobých ztrát (ztráty třením, pokluzem v kotvě a relaxací lana). Jsou automaticky generovány dva stavy, jeden po vnesení předpětí do konstrukce a druhý na konci uvažované životnosti konstrukce. Tím, že jsou tyto prvky pevně spjaty se zbytkem konstrukce, reagují na její deformace zvyšováním resp. snižováním napětí v lanech. Dlouhodobé ztráty, zejména ztráty dotvarováním betonu, jsou automaticky řešeny v nelineárních modulech zohledňujících nelineární pracovní diagramy betonu a oceli a vznik a rozvoj trhlin v betonu.

- **Použití programu**

Program RENEX3D je použit pro veškeré lineární i nelineární (fyzikálně i geometricky) výpočty, dále pak pro dimenzování potřebných ploch výztuže pro 2D prvky, výpočet šířky trhliny atd. V případě použití předpínací výztuže jsou doplňkové (staticky neurčité) síly, které předpjetí na konstrukci vyvozuje, přenášeny přímo z grafických programů jako samostatné zatěžovací stavy. Byl implementován samostatný prutový prvek s excentrickým připojením, který pomocí poměrného přetvoření umožňuje řešit přesně spolupůsobení betonové konstrukce s přepínací výztuží. V případě nelineárního výpočtu i včetně ztrát přetvořením konstrukce, dotvarováním atd.

Kromě výpočtů lineárních umožňuje i lineárně a fyzikálně nelineární analýzu, dynamické a stabilitní výpočty. Do systému byl implementován modul vyvinutý v RECOC, který umožňuje řešení železobetonových skořepin s uvažováním fyzikálně nelineárního chování betonového průřezu včetně vlivu dotvarování. Dále byly implementovány prvky pro výpočet sendvičových konstrukcí včetně vzdušného bríčku (modelování dvojskel apod.) a prvky pro modelování cihelného zdiva.

- **Dělení na konečné prvky**

Dělení na konečné prvky se provádí automaticky generátorem. Ve výpočtech celků konstrukcí nebo jejich částí daných postupem výpočtu je základní velikost prvku jeden metr. V místech anomálií konstrukce program automaticky prvky přizpůsobuje geometrii, v místech předpokládaných lokálních zvýšení namáhání konstrukce jsou prvky zahuštěny.

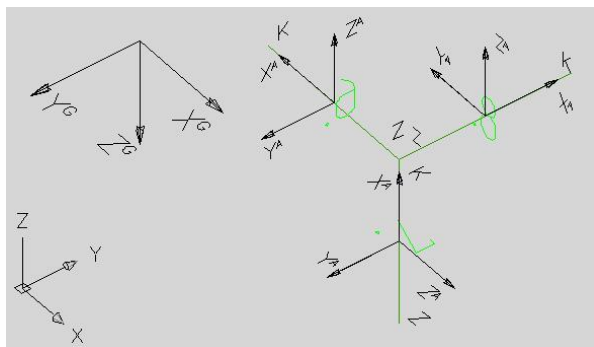
Ve výpočtech subkonstrukcí a zejména konstrukcí dimenzovaných nebo řešených s ohledem na mezní stavy použitelnosti, odpovídá velikost dělení jedno až dvojnásobku tloušťky dotčených prvků. Stropní desky jsou dimenzovány na patrovém výseku. Vertikální nosné konstrukce pod i nad deskou jsou redukovány na polovinu jejich výšky a opatřeny na koncích kloubovými podporami. Jedná se pochopitelně o určité zjednodušení, ale ve většině praktických příkladů vnáší do výpočtu minimální chybu. Konstrukce, u nichž toto zjednodušení nelze použít, jsou řešeny na celkovém modelu s patřičně zjemnělou sítí konečných prvků. U patrových výseků jsou sloupy modelovány buďto pomocí bricků, nebo je do desky vložen deskový prvek půdorysných rozměrů rovných průřezu sloupu s výrazně zvýšenou tuhostí, tak aby byla potlačena teoretická

konvergence vnitřních sil k nekonečnu v lomových bodech. Tyto makroprvky neprobíhají procesem dimenzování.

Pro odladění hustoty dělení byla firmou RECOC provedena celá řada kontrolních výpočtů.

- Souřadnicové systémy**

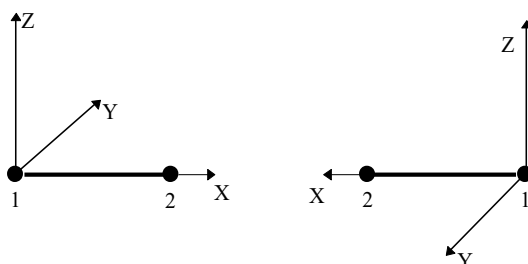
Konstrukce je modelována v globálním souřadnicovém systému – X^G, Y^G, Z^G .



Obrázek 1 Globální souřadný systém

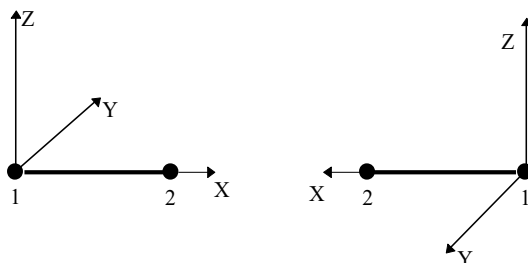
Pro každý prutový prvek je zaveden lokální souřadný systém – X^L, Y^L, Z^L . Ty jsou definovány následovně:

U vodorovného prutu rovnoběžného s globální osou X:



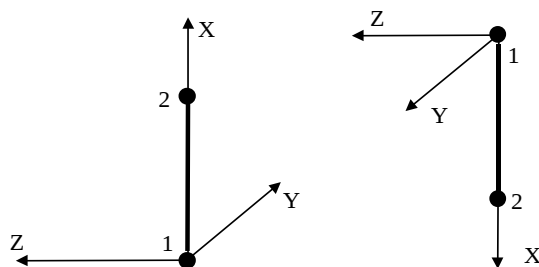
Obrázek 2 Axiální souřadný systém prutů

U vodorovného prutu rovnoběžného s globální osou Y:



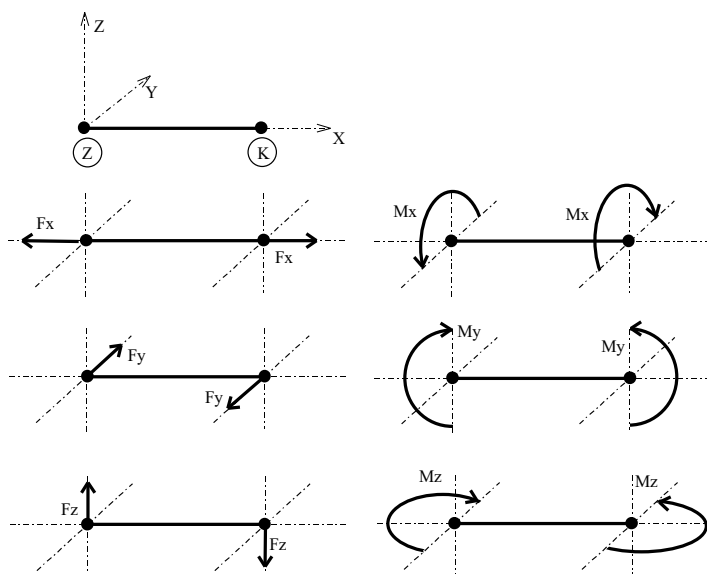
Obrázek 3 Axiální souřadný systém prutů

U svislého prutu rovnoběžného s globální osou Z:



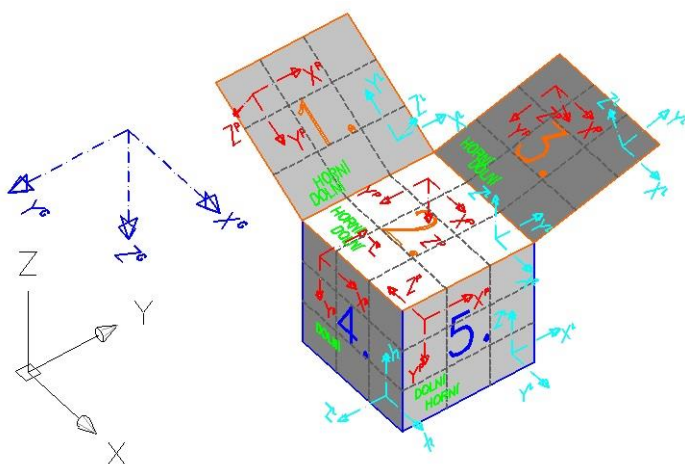
Obrázek 4 Axiální souřadný systém prutů

Z uvedeného vyplývají i konvence vnitřních sil na prutech:



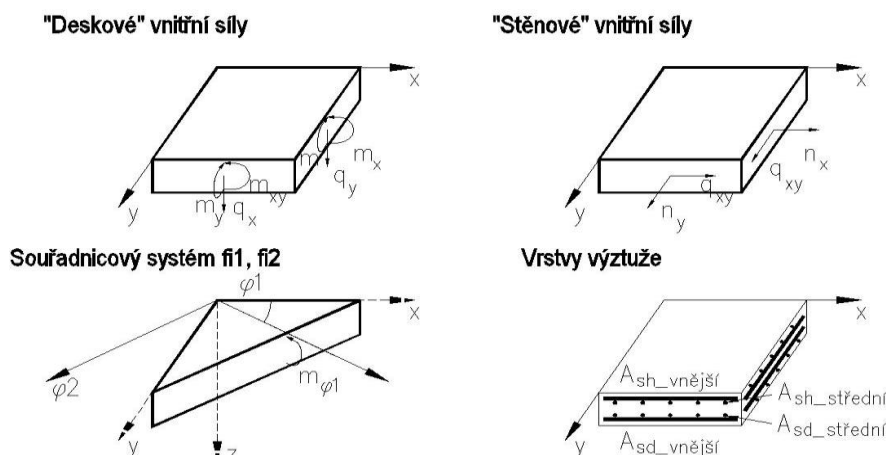
Obrázek 5 Konvence vnitřních sil na prutech

Plošné prvky mají také lokální souřadnicový systém, ten je však pomocný. Deskostěnové prvky mají další systém - planární – X^p , Y^p , Z^p , na obrázku vpravo. Definice a konvence jsou patrné z obrázku.



Obrázek 6 Souřadné systémy plošných deskostěnových prvků

Znaménková konvence a značení vnitřních sil a poloh výztuže je tato:



Obrázek 7 Konvence vnitřních sil na plošných prvcích

• Zatížení a jejich kombinace

Zatížení je buďto generováno automaticky – vlastní tíha konstrukce - (v provozních hodnotách) nebo zadáváno (v provozních nebo extrémních hodnotách). Hodnoty stálých zatížení jsou počítány v tabulkovém procesoru Excel, užitná nepodkračují příslušné normové hodnoty, jejich skutečná hodnota se řídí požadavky klienta a technologů. Zatížení je možné zadávat silové plošné konstantní velikosti nebo s lineárním nárůstem, liniové a bodové silové nebo momentové a zatížení poměrnými přetvořeními.

V patrových výsecích jsou z celoplošného užitného zatížení automaticky generovány dva systémy šachovnicového zatížení a čtyři systémy zatížení v pruzích.

Kombinace (obalové plochy zatěžovacích stavů) vystihují nejnejpříznivější kombinace jednotlivých zatěžovacích stavů na konstrukci nebo její části podle účelu příslušného výpočtu.

Dimenzovací programy pracují obecně s obalovou plochou kombinací.

Program umožňuje automatické generování kombinací zatěžovacích stavů definovaných symbolickými rovnicemi v EC. V ČSN EN 1990:2004, rovnice číslo (6,9a) až (6.12b) a (6.14a) až (6.16b). Bližší viz samostatná kapitola Zatěžovací stavy a jejich kombinace.

• Nelineární výpočty

Systém umožňuje celou řadu nelineárních výpočtů. Je to zejména interakce vrchní stavby s podložím, kdy program doiterovává parametry zeminy v závislosti na geologických poměrech a kontaktním napětí v základové spáře včetně vyloučení tahu v ní.

Dále jsou to fyzikálně nelineární výpočty železobetonových skořepin s uvažováním pracovních diagramů betonu i oceli a s uvažováním vlivu dotvarování, rozvoje a šířky trhlin (tento modul byl vyvinut a odladěn v RECO, spol. s r.o. ve spolupráci s FEM Consulting s.r.o. a Dlubal Software GmBh.). Systém pracuje s tzv. rozmazanými trhlami, předikuje tedy jen možnost vzniku trhliny, její případnou šířku a hloubku a výpočtovou vzdálenost. Šířka trhliny je počítána nejen podle ČSN EN 1992-1-1, ale i podle řady dalších metodik. Tímto výpočtem je možné zjistit i namáhání betonu v průřezu, napětí v tažené i tlačené výztuži, vlivu tzv. Tension Stiffening atd.

Zdivo jako nosný materiál je také možno řešit nelineárně, a to stanovením různých tuhostí materiálu ve směrech ortotropie. Program automaticky kontroluje dosažení hlavního tahu a podle směru hlavních napětí stanovuje směry ortotropie s nulovými prvky v matici tuhosti prvku ve směru tahu.

Dále je možno řešit pruty s vyloučeným tahem či tlakem a vzdušné brčky, lana, membrány atd.

Konstrukce mohou být řešeny v deformovaném tvaru – tedy geometricky nelineárně.

Nelineární výpočty používají několik výpočtových metod, jejich popis přesahuje rámec zprávy. Jsou možné prakticky libovolné kombinace různých druhů nelinearit.

- **Dynamické výpočty**

Dynamické výpočty jsou v software RENEX3D založeny na metodě rozvoje do vlastních tvarů (tzv. modální analýza). Základní úlohou je tedy řešení vlastního kmitání. Výpočtem se určují vlastní frekvence a vlastní tvary kmitání.

Pro uvažování zatížení seismicitou byl výpočet vlastních tvarů konstrukce proveden pro 20 frekvencí, tak aby součet efektivních modálních hmot vlastních tvarů kmitání byl větší než 90 % celkové hmotnosti konstrukce, což se u tohoto typu konstrukce považuje za dostačující.

Při výpočtu vlastního kmitání se řeší soustava rovnic ve tvaru

$$\mathbf{M} \cdot \ddot{\mathbf{r}} + \mathbf{K} \cdot \mathbf{r} = \mathbf{0}$$

kde $\mathbf{r}$ je vektor posunů a pootočení uzlů ($\ddot{\mathbf{r}}$ je vektor jejich zrychlení), $\mathbf{K}$ je matice tuhosti sestavená již při statickém výpočtu a $\mathbf{M}$ je matice hmotnosti, sestavená při výpočtu vlastního kmitání. Řešení rovnice vlastního kmitání se provádí metodou iterace podprostoru.

- **Algoritmus dimenzování skořepinových prvků**

Plošné skořepinové prvky je možno dimenzovat pomocí vestavěného dimenzovacího modulu. Postup dimenzování je následující.

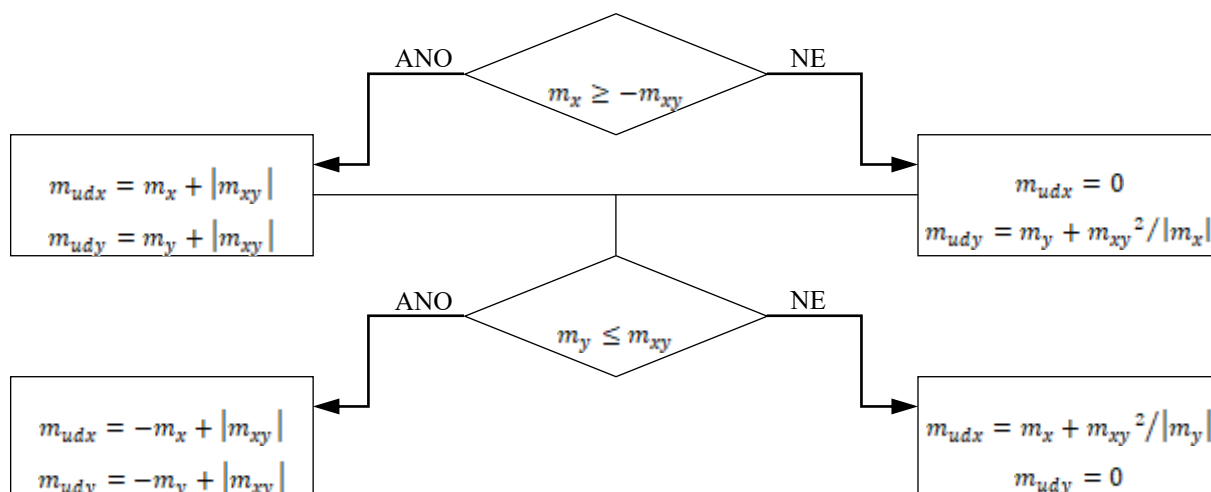
Na základě výpočtu vnitřních sil příslušné kombinace (jedná se o obalové plochy, tedy i kombinace z kombinací) jsou vypočteny vnitřní síly ($n_x, n_y, q_{xy}, m_x, m_y, m_{xy}, q_x, q_y$). První trojice popisují membránovou resp. rovinnou napjatost, další tři ohyb a kroucení v desce a poslední dvě příčný smyk. Z těchto vnitřních sil jsou podle algoritmu uvedeného v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** spočteny tzv. dimenzování vnitřní síly (pokud není směr výztuže totožný se směry planárního souřadného systému prvku, provede se nejprve transformace vnitřních sil ze systému planárního do souřadného systému definovaného směrem výztuže). Dimenzační ohybové momenty (bližší viz str. 109 a následující manuálu RENEX3D, resp. Appendix 2) jsou spočteny jak pro horní, tak dolní líc skořepiny pro oba směry výztuže. Naprosto analogicky se počítají dimenzační normálové síly v membránové části. Dále jsou zavedeny veličiny normálové síly v rovinách jednotlivých vrstev výztuže, jejich velikosti jsou spočteny podle jednoduchého statistického principu $n_P = +m/r + n/2$, resp. $n_P = -m/r + n/2$. Tyto veličiny mohou být vykresleny jako normálové síly $n_i(j)$, kde $i = 1, 2, 3$ značí číslo vrstvy výztuže od povrchu a $j = h, d$ pro horní a dolní povrch. Tyto normálové síly děleny pevností betonářské výztuže R_{sd} , resp. f_{yd} potom dávají plochy potřebné betonářské výztuže.

Program umožňuje vykreslit jak veškeré uvedené veličiny, tak přímo potřebné plochy betonářské výztuže v cm^2/m' , ale i v podobě počtu profilů definované oceli na běžný metr nebo rozteč vložek zadaného průměru.

Kromě ploch potřebné výztuže jsou označeny prvky, které z různých důvodů nelze dimenzovat s vypsáním důvodu. Tyto údaje je nutné brát s rezervou v místě singularit.

Popis všech algoritmů viz Appendix manuálu RENEX3d nebo teoretické manuály FEM Consultingu Brno.

Algoritmus :



Požadované výpočtové momenty lze určit také z rovnic:

$$\begin{aligned}
 m_{udx} &= m_x + \gamma \cdot |m_{xy}| & m_{udx}' &= -m_x + \gamma' \cdot |m_{xy}| \\
 m_{udy} &= m_y + \frac{1}{\gamma} \cdot |m_{xy}| & m_{udy}' &= -m_y + \frac{1}{\gamma'} \cdot |m_{xy}|
 \end{aligned}$$

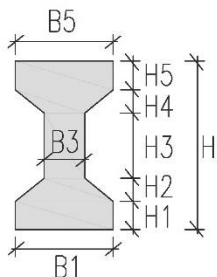
přičemž γ a γ' jsou součinitele, které se volí tak, aby rovnice dávaly hodnoty mezi polovinou a dvojnásobkem hodnot určených podle vývojového diagramu.

Schopnost průřezu odolávat dané kombinaci momentů je dostatečná, jsou-li splněny tyto podmínky:

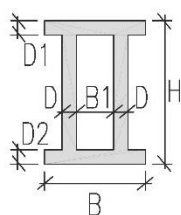
$$\begin{aligned}
 -(m_{udx} - m_x) \cdot (m_{udy} - m_y) + m_{xy}^2 &\leq 0 & -(m_{udx} + m_x) \cdot (m_{udy} + m_y) + m_{xy}^2 &\leq 0 \\
 m_x &\leq m_{udx} & m_y &\leq m_{udy} \\
 m_x &\geq -m_{udx} & m_y &\geq -m_{udy}
 \end{aligned}$$

- Schémata uživatelsky definovaných průřezů**

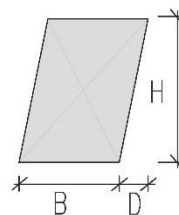
IČKO ZOBECNĚNÉ
 H/B_{max} ($H_5; H_4; H_3; H_2; H_1/B_5; B_3; B_1$)



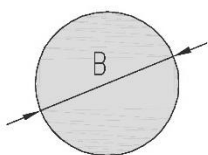
II-PROFIL
 B/H ($D; B_1; D_1; D_2$)
tenkostěnný průřez



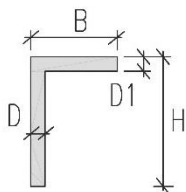
KOSODÉLNÍK
 $B/H/D$



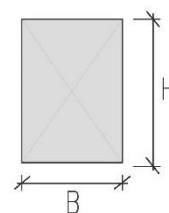
KRUH
B



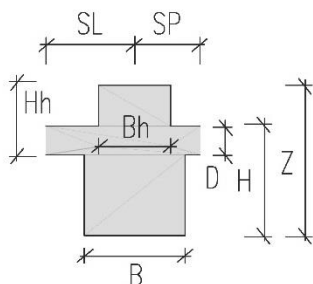
L-PROFIL
 B/H ($D; D_1$)
tenkostěnný průřez



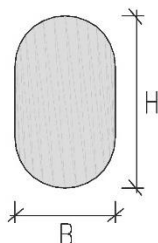
OBDELNÍK
 B/H



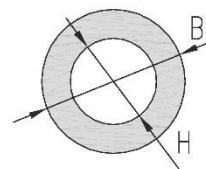
OBDELNÍK V DESCE
 $B_{max}/Z/D$ ($B_h; B/H_h; H$) [SL/SP]



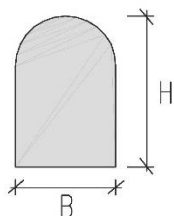
OVÁL
 B/H



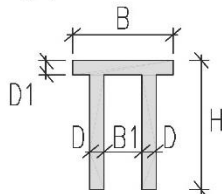
PRSTENEC
 B/H



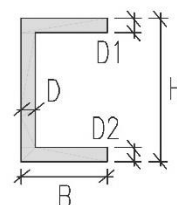
PŮLOVÁL
 B/H



TT-PROFIL
 B/H ($D; B_1; D_1$)
tenkostěnný průřez



U-PROFIL
 B/H ($D; D_1; D_2$)
tenkostěnný průřez



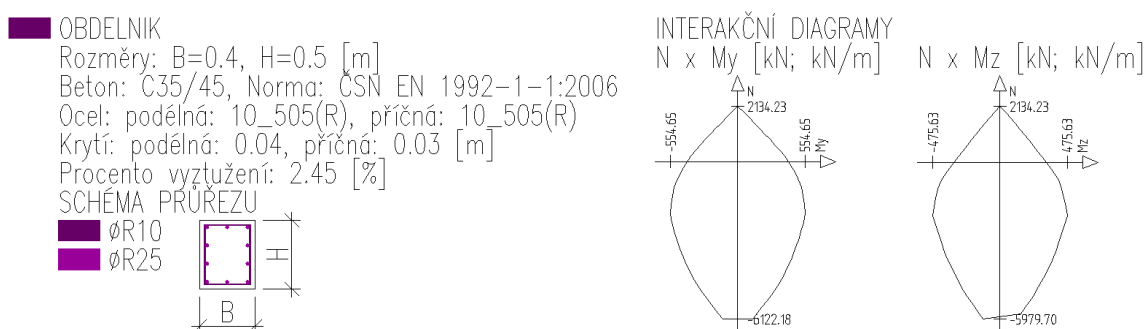
Obrázek 8 Uživatelsky tvořené průřezy

• Hromadné posudky tyčových prvků

Železobetonové prutové prvky obdélníkového průřezu mohou být hromadně posuzovány na kombinaci vnitřních sil normálová síla + dva ohybové momenty nebo na kombinaci normálová síla a obě posouvající

síly. Kromě geometrie průřezu a navrhovaného betonu jsou u těchto prvků vloženy i informace o podélné a příčné výztuži. Podle metodiky ČSN EN 1992-1-1:2006 jsou stanoveny interakční diagramy $N \times M_y$ a $N \times M_z$. Tyto informace jsou vykresleny ve vstupních údajích. Pro příslušnou normálovou sílu je stanoven průvodič z bodu $[0, 0, 0]$ bodem $[N, M_y, M_z]$ a je vyšetřován jeho průsečík s plochou obalové 3D plochy ve vztahu k vnitřním silám. Poměr průvodiče z bodu $[0, 0, 0]$ do bodu $[N, M_y, M_z]$ a z bodu $[0, 0, 0]$ do průsečíku s interakční plochou je vykreslován jako využití příslušné části tyčového prvku. Každý průřez prvku je testován na všechny možné kombinace závislých a nezávislých veličin pro veškeré stavy, které mohou nastat podle symbolických rovnic definujících jednotlivé kombinace podle ČSN EN 1990:2004, rovnice číslo (6.9a) až (6.12b) a (6.14a) až (6.16b). Využití průřezu je vykreslováno ve výstupech ze statického výpočtu, hodnota 1,00 odpovídá 100% využití. Ve výpočtu je zahrnut vzpěr.

Fyzikální vlastnosti: Interakční diagram [-]



Obrázek 9 Grafický výstup průřezu prutu

Výpočtové algoritmy jsou stejné, jaké jsou použity v programech FINE.

Numerické hodnoty je možno exportovat z výpočtu do souboru *definice_kombinace.csv*. Ty je možno načíst např. do procesoru Excel ve formátu:

Kombinace: "TDSTR_A_00_MSU"											
cmp = číslo makroprvku, typ Bodu: 0...krajní, 1...vnitřní, jednotky: [kN,kNm]											
cmp	x	y	z	popis	N_x	M_y	M_z	typBodu	N_{x1}	M_{y1}	M_{z1}
3896	36,44	93,05	-11,30	minNx	-4471,3	40,0	14,0	0	-3314,7	37,3	10,9
3896	36,44	93,05	-11,30	maxNx	-2706,4	-13,7	-0,5	0	-2377,3	35,1	7,9
3896	36,44	93,05	-11,30	minMy	-3203,6	-54,2	-2,1	0	-2708,7	8,1	6,8
3896	36,44	93,05	-11,30	maxMy	-3953,1	103,9	19,6	0	-2983,3	64,3	12,0
3896	36,44	93,05	-11,30	minMz	-3245,2	-50,4	-2,3	0	-2748,4	11,7	6,6
3896	36,44	93,05	-11,30	maxMz	-3911,5	100,1	19,8	0	-2943,6	60,7	12,2

V řádcích je uvedeno číslo markopravku; tři souřadnice průřezu; nezávislá vnitřní síla; na ní závislé zbývající vnitřní síly v návrhových hodnotách; typ průřezu (koncový nebo vnitřní průřez); tytéž vnitřní síly v charakteristických hodnotách. Každý konečný prvek prutu je posuzován ve dvou krajních a pěti vnitřních bodech (prvek je rozdělen na šestiny). Tento zápis slouží pouze jako opis vstupních hodnot do posouzení.

Soubor *.cvs je možno načíst i do excelovského souboru, který provede stejné hromadné posouzení v numerických hodnotách. Je zde opis vstupních údajů průřezu a výpočet bodů interakčního diagramu s přihlédnutím k vlivu vzpěru. Dále následují posudky pro všechny stavy a průřezy uvedené výše.

6.2. Programy FINE EC

• Charakteristika programu

Programový systém FINE je soubor programů určených pro statické a dynamické výpočty rovinných či prostorových prutových konstrukcí a jejich dimenzování. Řada programů řeší problémy analyticky, část metodou konečných prvků. Veškeré posudky jsou prováděny v souladu s platnými ČSN EN.

7. ZATĚŽOVACÍ STAVY A JEJICH KOMBINACE

7.1. Kombinace podle metodiky EN 1990:2004

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v trvalých a dočasných návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.4 a 2.5:

Pozn.:

Složené závorky „{ }“ představují výběrovou množinu, z níž je do kombinace vybírán vždy nejvíce nepříznivý účinek požadované veličiny.

- a) EQU – ztráta statické rovnováhy konstrukce - tab. A1.2(A)(CZ)

$$\begin{aligned} 1,1G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i} Q_{k,i}; 0\} \\ 0,9G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i} Q_{k,i}; 0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10})$$

- b) STR – porucha, o níž rozhoduje pevnost konstrukčního materiálu - tab. A1.2(B)(CZ) -1 (bez geotechnických zatížení)

$$\begin{aligned} 1,35G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5\psi_{0,1} Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i} Q_{k,i}; 0\} \\ 1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5\psi_{0,1} Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i} Q_{k,i}; 0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10a})$$

$$\begin{aligned} 1,15G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i} Q_{k,i}; 0\} \\ 1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i} Q_{k,i}; 0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10b})$$

- c) GEO – porucha, o níž rozhoduje odolnost základové půdy - tab. A1.2(B)(CZ), A1.2(C)(CZ) (obsahuje geotechnická zatížení)

$$1,00G_{k,j,\text{sup/inf}} + \{1,3Q_{k,1}; 0\} + \{1,3\psi_{0,i} Q_{k,i}; 0\} \quad (\text{výraz 6.10})$$

$$\begin{aligned} 1,35G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5\psi_{0,1} Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i} Q_{k,i}; 0\} \\ 1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5\psi_{0,1} Q_{k,1}; 0\} + \{1,5\psi_{0,i} Q_{k,i}; 0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10a})$$

$$\begin{aligned} &1,15G_{k,j,\text{sup}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \\ &1,00G_{k,j,\text{inf}} + \{1,5Q_{k,1};0\} + \{1,5\psi_{0,i}Q_{k,i};0\} \end{aligned} \quad (\text{výraz 6.10b})$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v seizmických návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.6:

$$G_{k,j,\text{sup/inf}} + \{\gamma_I A_{Ek}; A_{Ed}\} + \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.12a/b})$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů únosnosti v mimořádných návrhových situacích dle NA ČSN EN 1990 čl. 2.6:

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + A_d + \{\psi_{1,1}; \psi_{2,1}\} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.11a/b})$$

Kombinace pro ověřování mezních stavů použitelnosti dle ČSN EN 1990 čl.A1.4, tabulka A1.4:

d) Charakteristická

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + Q_{k,1} + \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.14})$$

e) Častá

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.15})$$

f) Kvazistálá

$$\{G_{k,j,\text{sup}}; G_{k,j,\text{inf}}\} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (\text{výraz 6.16})$$

Zatížení je ve smyslu ČSN EN podle proměnnosti v čase klasifikováno takto:

G	– stálá zatížení,
S	– geotechnická stálá,
P	– zatížení od předpětí (stálá))
Q	– proměnná zatížení
A	– mimořádná zatížení

$G_{k,j,\text{sup}}$	– horní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (95% kvantil)
$G_{k,j,\text{inf}}$	– dolní charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení (5% kvantil)
$Q_{k,1}$	– charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
$Q_{k,i}$	– charakteristická hodnota i-tého proměnného zatížení
ψ_0	– součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
ψ_1	– součinitel pro častou hodnotu proměnného zatížení
ψ_2	– součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3

Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy; tíha vozidla ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy; 30 kN < tíha vozidla ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: střechy	0,7	0,2	0
Zatížení sněhem, stavby umístění H > 1000 m n. m.	0,7	0,5	0,2
Zatížení sněhem, stavby umístění H ≤ 1000 m n. m.	0,5	0,2	0
Zatížení větrem	0,6	0,2	0
Zatížení teplotou (ne od požáru)	0,6	0,5	0

Zatížení příčkami

Zatížení příčkami je zadáno plošně podle ČSN EN 1991-1-1 6.3.1.2 (8) pro lehké přemístitelné příčky s vlastní tíhou

- do 1,0 kN/m včetně hodnotou 0,5 kN/m²,
- do 2,0 kN/m včetně hodnotou 0,8 kN/m²,
- do 3,0 kN/m včetně hodnotou 1,2 kN/m².

Plošné zatížení je připočteno k hodnotě užitého zatížení uvedeného v Tabulce 6.2, resp. Tab 6.2(CZ).

Takže toto sečtené užité zatížení je společně redukováno podle Tab. A1.4 normy ČSN EN 1990.

Těžší příčky (třeba v bytech atd.) jsou zadávány podle ČSN EN 1991-1-1 6.3.1.2 (9) polohou a směrem, jinými slovy liniovým zatížením. Zatížení je uvažováno jako zatížení stálé.

8. ZATÍŽENÍ A JEJICH KOMBINACE BYLY GENEROVÁNY DLE PLATNÝCH NOREM

Zatížení jsou převzata z norem ČSN EN 1991-1-1 až 1991-1-7.

Stálá zatížení byla vypočtena podle podkladu [1]

Užitná zatížení byla převzata normovými hodnotami z Tabulky 6.2(CZ), 6.8(CZ) a 6.10(CZ) ČSN EN 1991-1-1. Tíhy přemístitelných příček byly přidány do užitého plošného zatížení. Příčky, jejichž tíha na bm byla vyšší než normou stanovená hodnota, byly modelovány skutečnou tíhou liniovým zatížením. Konkrétně byly použity minimální hodnoty:

Tabulka 6.2(CZ) – Užitná zatížení stropních konstrukcí, balkónů a schodišť pozemních staveb

Kategorie zatěžovaných ploch	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
kategorie A		
– stropní konstrukce	1,5	2,0
– schodiště	3,0	2,0
– balkóny	3,0	2,0
kategorie B	2,5	4,0
kategorie C		
– C1	3,0	3,0
– C2	4,0	4,0
– C3	5,0	4,0
– C4	5,0	7,0
– C5	5,0	4,5
kategorie D		
– D1	5,0	5,0
– D2	5,0	7,0

Tabulka 6.8(CZ) – Užitná zatížení garáží a dopravních ploch pro vozidla

Kategorie dopravních ploch	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategorie F		
Celková tíha vozidla: ≤ 30 kN	2,5	20
Kategorie G		
30 kN < celková tíha vozidla ≤ 160 kN	5,0	120

NA.2.9 Článek 6.3.4.2 Střechy – Hodnoty zatížení, odstavec (1)

Pro stanovení užitných zatížení střeš kategorií H se v ČR používají hodnoty z tabulky 6.10(CZ). Předpokládá se, že rovnoměrné zatížení q_k působí na ploše $A = 10 \text{ m}^2$. Viz také 3.3.2(1).

Tabulka 6.10(CZ) – Užitná zatížení střeš kategorií H

Střeška	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategorie H	0,75	1,0

NA.2.10 Článek 6.4 Vodorovná zatížení zábradlí a dělicích stěn, odstavec (1) (tabulka 6.12)

Pro stanovení charakteristických hodnot přímkového zatížení q_k se v ČR používají hodnoty z tabulky 6.12(CZ).

Tabulka 6.12(CZ) – Vodorovná zatížení zábradlí a dělicích stěn

Zatěžované plochy	q_k [kN/m]
Kategorie A	0,5
Kategorie B a C1	1,0
Kategorie C2 – C4 a D	1,0
Kategorie C5	5,0
Kategorie E	2,0 ¹⁾
Kategorie F	viz příloha B
Kategorie G	viz příloha B

¹⁾ Tato hodnota se u užitných ploch kategorie E považuje za hodnotu minimální, podle způsobu používání se zvýší.

Zatížení a jejich kombinace byly generovány dle platných norem ČSN EN 1990 a ČSN EN 1991:

Stálé zatížení představuje vlastní tíha konstrukce automaticky generovaná programem z průřezových charakteristik a z průměrné objemové hmotnosti použitého materiálu.

9. ZÁVĚR ZE STATICKÉHO POSUDKU

Konstrukce objektu jsou standardní vzhledem k rozměrům stavby. Posudek ověřuje základní nosné rozměry konstrukcí. Konstrukce je vyhovující a realizovatelná za dodržení předpokladů výše zmíněných.

Nosná konstrukce je obecně navržena v intencích souboru platných norem ČSN EN. Konstrukce vyhovuje všem zadaným požadavkům a podkladům předaným v zadávací dokumentaci.

Vypracoval: Ing. Milan Klášterka

Kontroloval: Ing. Miloslav Smutek
Autorizovaný inženýr
pro statiku a dynamiku
ČKAIT 0003778